

Міністерство освіти і науки України  
Національний університет водного господарства та  
природокористування  
Навчально-науковий інститут будівництва і архітектури  
Кафедра водопостачання, водовідведення та бурової справи

**03-06-107**

## **МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

до виконання фахового курсового проекту  
з навчальної дисципліни

**«Водопостачання промислових підприємств»**  
для здобувачів вищої освіти другого (магістерського) рівня  
за освітньо-професійною програмою «Водопостачання і  
водовідведення» спеціальності 192 «Будівництво та цивільна  
інженерія» всіх форм навчання

Рекомендовано науково –  
методичною радою  
з якості ННІ БА  
Протокол № 5 від 5.05.2020 р.

Рівне – 2020

Методичні вказівки до виконання фахового курсового проекту з навчальної дисципліни «Водопостачання промислових підприємств» для здобувачів вищої освіти другого (магістерського) рівня за освітньо-професійною програмою «Водопостачання і водовідведення» спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» всіх форм навчання, [Електронне видання] / Квартенко О. М., Литвиненко Л. Л. – Рівне : НУВГП, 2020. – 57 с.

Укладачі: Квартенко О. М., д-р.техн.наук, доцент, професор кафедри водопостачання, водовідведення та бурової справи; Литвиненко Л. Л., канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри водопостачання, водовідведення та бурової справи.

Відповідальний за випуск: Мартинов С. Ю., д-р.техн.наук, професор, завідувач кафедри водопостачання, водовідведення та бурової справи.

Керівник групи забезпечення  
освітньо-професійної програми

Мартинов С. Ю.

© Квартенко О. М.,  
Литвиненко Л. Л., 2020  
© НУВГП, 2020

## З М І С Т

Вихідні дані на проектування	5
Склад проекту	5
Обсяг та оформлення проекту	6
Вказівки по виконанню окремих розділів проекту	7
1 Місцеві умови об'єкту водопостачання	7
2 Опис виробничого підприємства з визначенням технологій виробничого процесу та використанням води	7
3 Розрахунок витрат, вільних напорів, вимоги до якості води для всіх існуючих систем водопостачання на промисловому підприємстві	7
4 Джерела водопостачання та вибір місця розташування водозабірних споруд	12
4.1. Вибір місця розташування водозабірних споруд	12
5 Схеми водопостачання на промисловому підприємстві	14
6 Вибір технологічних схем підготовки якості води для систем водопостачання промислового підприємства	17
6.1. Розрахунок стабілізаційної обробки води	18
6.2. Розрахунок основних споруд знесолення оборотної води промислового підприємства	21
6.2.1. Вибір метода знесолення води та технологічної схеми очистки	21
6.2.2. Розрахунок катіонітових фільтрів I ступеня	22
6.2.3. Розрахунок катіонітових фільтрів II ступеня	24
6.2.4. Розрахунок аніонітових фільтрів I ступеня	26
6.2.5. Розрахунок аніонітових фільтрів II ступеня	27
6.2.6. Розрахунок дегазатора	28
6.2.7. Розрахунок господарства для промивки та регенерації фільтрів	29
6.3. Розрахунок локальної очисної станції	31
6.3.1. Розрахунок напірної флотації	32
6.3.2. Розрахунок сатураторів	35
6.4. Приклади розрахунку споруд для охолодження оборотної води	36
6.4.1. Розрахунок вентиляторної градирні	38

6.4.2. Розрахунок дощового стоку і споруд очистки	39
6.4.3. Розрахунок тонкошарового відстійника	40
6.4.4. Розрахунок тангенціальної пісколовки	41
6.4.5. Охолодження у бризкальному басейні	42
6.4.6. Охолодження води з використанням різних типів градирень	43
6.4.7. Охолодження у водосховищах	46
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	46
Додаток 1 Номограма для визначення вмісту в воді вільної вуглекислоти	48
Додаток 2 Номограма для визначення величини параметра А	49
Додаток 3 Номограма для визначення концентрації рівноважної вуглекислоти у воді	50
Додаток 4 Графік для визначення рНs	51
Додаток 5 Іонітний фільтр прямооточний першого ступеня	52
Додаток 6 Технічна характеристика іонітних фільтрів	53
Додаток 7 Номограма для розрахунку водосховищ-охолоджувачів	54
Додаток 8 Номограми для теплового розрахунку бризкальний басейнів	55
Додаток 9 Номограми для розрахунку баштових градирень	56
Додаток 10 Графіки для розрахунку вентиляторних градирень	57

## **ВИХІДНІ ДАНІ НА ПРОЕКТУВАННЯ**

У проєкті студент повинен визначити системи водопостачання на промисловому підприємстві, скласти балансову схему водопостачання та запроектувати споруди для системи промислового водопостачання з розрахунками необхідних вузлів корегування якості води, що використовується в технологічному процесі заданого виробництва.

Проект виконується на основі завдання, що видається кафедрою водопостачання, водовідведення та бурової справи.

### **Вихідні дані до проєкту :**

1. Ситуаційний план місцевості у масштабі 1:50000
2. Характеристика промислового підприємства з таблиці 1 завдання.
3. Характеристика поверхневого джерела з таблиці 2 завдання.
4. Характеристика підземного джерела з таблиці 3 завдання.

## **СКЛАД ПРОЕКТУ**

**Пояснювальна записка повинна складатися з наступних розділів:**

Вступ.

1. Місцеві умови об'єкту водопостачання.
2. Опис виробничого підприємства з визначенням технологій виробничого процесу та використанням води в ньому.
3. Розрахунок витрат, вільних напорів, вимоги до якості води для всіх існуючих систем водопостачання на промисловому підприємстві.
4. Визначення джерела водопостачання та вибір місця розташування водозабірних споруд.
5. Вибір схем водопостачання на промисловому підприємстві.
6. Вибір технологічних схем підготовки якості води для систем водопостачання промислового підприємства.
7. Розрахунок основних споруд технологічної схеми підготовки води для виробничого водопостачання.

Література.

### **Графічна частина проекту складається з:**

- 1). Ситуаційного плану об'єкта водопостачання в масштабі 1:50000 або 1:25000 з нанесеними схем водопостачання промислового підприємства.
- 2) Балансова схема водопостачання промислового підприємства.
- 3) Схема корегування якості води для виробничого водопостачання промислового підприємства.
- 4) Креслення вузла корегування якості води для виробничого водопостачання промислового підприємства (по завданню керівника).

### **ОБСЯГ ТА ОФОРМЛЕННЯ ПРОЕКТУ**

**Пояснювальна записка.** Розрахунково-пояснювальна записка має 20...25 сторінок друкованого тексту. Розділи записки повинні мати наскрізну нумерацію, всі розрахунки ілюструються ескізами та схемами споруд. Всі таблиці, рисунки та сторінки повинні мати нумерацію, має бути зміст записки, вступ та список літератури.

Записка повинна бути підписана студентом.

**Креслення:** 1. Ситуаційний план об'єкта водопостачання з нанесенням споруд систем водопостачання промислового підприємства. Балансові схеми водопостачання на промисловому підприємстві на аркуші ватману формату А-3.

2. Схема корегування якості води для виробничого водопостачання промислового підприємства та схема конструкції та розміщення обладнання та споруд вузла корегування якості води у плані на аркуші ватману формату А3.

3. Ескізи та схеми споруд розміщуються у пояснювальній записці.

## **ВКАЗІВКИ ПО ВИКОНАННЮ РОЗДІЛІВ ПРОЕКТУ**

### **1. Місцеві умови об'єкта водопостачання**

В цьому розділі наводяться стислі відомості про об'єкт водопостачання, які виписуються з таблиць завдання: місце розташування промислового підприємства, наявність джерел водопостачання та їх показники якості щодо можливості використання в системах водопостачання промислового підприємства.

### **2. Опис виробничого підприємства з визначенням технологій виробничого процесу та використанням води**

В даному розділі наводять опис промислового підприємства: види та кількість продукції, що випускається підприємством; кількість працюючих у кожну зміну; кількість робітників, що приймають душ; кількість людей, які приходяться на одну душову сітку; кількість та якість води, яку споживають на різні потреби (господарсько-питні, виробничі та інші) підприємства; необхідний напір на ввіді, пожежні витрати на території промислового підприємства.

### **3. Розрахунок витрат, вільних напорів, вимоги до якості води для всіх існуючих систем водопостачання на промислового підприємстві**

*Рекомендують такий порядок розрахунків:*

1. Визначити витрати води на господарсько-питні потреби на промпідприємстві. Питомі витрати води на господарсько-питне водоспоживання на одну людину за зміну становлять для цехів з тепловиділеннями понад 80 кДж (20 ккал) на 1 м<sup>3</sup>/год, ("гарячих") 45 л, для інших цехів ("холодних") 25 л.
2. Визначити витрати води на душі. Питомі витрати води в душових визначають за формулою:

$$q_n = \frac{500 \cdot 45}{60 \cdot n}, \text{ л/чол} \quad (1)$$

де 500 – нормована витрата води на одну душову сітку [9], л/год;  
45 – тривалість приймання душу, хв.; 60 – коефіцієнт переводу;  
 $n$  – кількість робітників, які користуються одною душовою сіткою (згідно завдання).

Визначення витрат води на господарсько-питні потреби робітників зводиться в таблицю 1.

Таблиця 1

Визначення витрат води на господарсько-питні потреби  
робітників підприємства

Но мер змі ни	Господарсько-питні потреби			Витрати води в душових			Загальні витрати води, м <sup>3</sup> /зм
	Кіль кість працюю чих в зміну чол.	Питомі витрати води, л/зм	Витра ти на гос. питні потреби м <sup>3</sup> /зм	Кіль кість чол., які прийма ють душ, ч/зм	Питомі ви- трати води, л/чол	Витрати води в ду- шових, м <sup>3</sup> /зм	
1	2	3	4	5	6	7	8

3. Визначення витрати води на підприємстві згідно кількості виготовлено продукції та питомих витрат води на виготовлення одиниці продукції:

$$Q = Nq, \text{ м}^3/\text{добу} \quad (2)$$

де  $N$  - кількість продукції, яка виготовляється на підприємстві за добу, т;  $q$  - питомі витрати води на виготовлення одиниці продукції м<sup>3</sup>/т.

Таким чином за формулою (2) визначають наступні витрати:

- витрати оборотної води на технічні потреби підприємства:  $Q_1$
- витрати прямої води на технічні потреби підприємства:  $Q_2$  ;
- витрати води питної якості на технологічні потреби підприємства:  $Q_3$  ;

$Q_1$  і  $Q_2$  визначаються по кількості продукції заданого



підприємства (за завданням) та питомій витраті що приймається по укрупненим показникам для заданого виробництва відповідно для системи зворотного та прямоточного водопостачання [3].

Витрати води на господарсько-питні та душеві потреби підприємства  $Q_4$  визначені у таблиці 1.

Витрати неочищеної води на виробничі потреби промпідприємства, які мають в системі градирні дорівнюють:

$$Q_{пром}^{неоч} = \alpha \cdot Q_1 + Q_2 \quad (3)$$

де  $\alpha$  - коефіцієнт, що враховує кількість води, потрібної для поповнення втрат води  $Q_1$ , які знаходяться в зворотній системі водопостачання;  $Q_2$  – витрати неочищеної води в прямоточній системі водопостачання. Коефіцієнт  $\alpha$  визначають за формулою:

$$\alpha = P_v + P_k + P_{скид}, \% \quad (4)$$

де  $P_v$  – витрати води на випарування при охолодженні, %.

$$P_v = K \cdot \Delta t \quad (5)$$

$K$  – коефіцієнт, який враховує частку тепловіддачі випаруванням у загальній тепловіддачі, прийняти для градирен за [3] для температури повітря 20 °С;  $\Delta t$  – перепад температури води у °С, розрахований як різниця температур відпрацьованої води, яка поступає на охолоджувачі та охолодженої води, умовно прийняти  $\Delta t = 10$  °С,  $P_k$  - витрати води на краплинний винос вітром у %, прийняти для баштових градирен за [3];  $P_{скид}$  – скидання води з оборотної системи (продувка) для зменшення мінералізації оборотної води у %.

$$P_{скид} = \frac{Ж_{доб} \cdot P_v}{Ж_{мак} - Ж_{доб}} - P_k \quad (6)$$

де  $Ж_{доб}$  – жорсткість води у джерелі водопостачання в мг-екв/л, прийняти по завданню;  $Ж_{мак}$  – максимально допустима жорсткість оборотної води, визначається залежно від типу підприємства що задане.

**4.** Визначають витрати води ( $Q_5$ ), якість якої корегується для

можливості використання у виробничому процесі промислового підприємства. Приймаємо, що витрата цієї води на промпідприємстві дорівнює частині витрати питної води, яка використовується у виробничому процесі підприємства (в завданні задається ця витрата як відсоток від загальних витрат питної води промислового підприємстві). Витрати питної води на виробничі потреби промпідприємства будуть визначатися, як сума витрат питної води на виробничі потреби підприємства та душі:

$$Q_{\text{пром}}^{\text{пит}} = Q_3 + Q_4, \quad (7)$$

де  $Q_3, Q_4$  - витрати питної води відповідно на виробничі потреби та душі підприємства, що визначені у таблиці 1.

Витрата води, якість якої необхідно корегувати, буде порівнювати:

$$Q_{\text{додатково підготовлена}} = Q_5 = \alpha_2 (Q_3 + Q_4) \quad (8)$$

де  $\alpha_2$  задається по завданню.

**5.** Незворотні витрати в системі оборотного водопостачання на підприємстві знаходимо за формулою 9:

$$Q_{\text{техн. незв. (звор.)}} = \alpha_1 Q_{\text{техн. звор.}}, \text{ м}^3/\text{добу} \quad (9)$$

Незворотні витрати в системі прямоточного водопостачання на підприємстві знаходимо за формулою 10:

$$Q_{\text{безв. техн.}} = \frac{\beta_{\text{незв.}} \cdot Q_{\text{прямоточна}}}{100}, \text{ м}^3/\text{добу} \quad (10)$$

де  $\beta_{\text{незв.}}$  – коефіцієнт незворотних витрат води у прямоточній системі технічної води.

Незворотні витрати води у прямоточній системі водопостачання води питної якості на підприємстві знаходимо за формулою 11:

$$Q_{\text{безв. (питна). техн.}} = \frac{\beta_{\text{незв.}} \cdot Q_{\text{питна}}}{100}, \text{ м}^3/\text{добу} \quad (11)$$

Незворотні витрати води на г/п та душеві потреби на підприємстві знаходимо за формулою 12:

$$Q_{\text{безв.}}^{z/n+\text{душ}} = \frac{5,5 \cdot Q_{z/n+\text{душ}}}{100} \text{ м}^3/\text{добу} \quad (12)$$

Незворотні витрати води від знесолення на підприємстві знаходимо за формулою (13):

$$Q_{\text{безв.}}^{\text{знесол}} = \frac{\beta_{\text{незв.}}^{\text{знесол}} \cdot Q_{\text{знесол}}}{100}, \text{ м}^3/\text{добу} \quad (13)$$

де  $\beta_{\text{незвор}}^{\text{знесол}} = 5\%$

**6.** Кількість стічної води з системи оборотного водопостачання на підприємстві визначають за формулою 14:

$$Q_{\text{стічна (зворотня)}}^{\text{технічна}} = Q_{\text{зворотня}}^{\text{технічна}} - Q_{\text{безвор.(зворотня)}}^{\text{технічна}}, \text{ м}^3/\text{добу} \quad (14)$$

Кількість стічної води з прямооточної системи технічного водопостачання на підприємстві визначають за формулою 15:

$$Q_{\text{стічна (прямоточна)}}^{\text{технічна}} = Q_{\text{прямоточна}}^{\text{технічна}} - Q_{\text{безвор.(прямоточна)}}^{\text{технічна}}, \text{ м}^3/\text{добу} \quad (15)$$

Кількість стічної води з прямооточної системи водопостачання питної якості на підприємстві визначають за формулою 16:

$$Q_{\text{стічна (питна)}}^{\text{технічна}} = Q_{\text{питна}}^{\text{технічна}} - Q_{\text{незвор.(питна)}}^{\text{технічна}}, \text{ м}^3/\text{добу} \quad (16)$$

Кількість стічної води з г/п і душевих потреб на підприємстві визначають за формулою 17:

$$Q_{\text{стічна}}^{z/n+\text{душ}} = Q_{z/n+\text{душ}} - Q_{\text{безвор.}}^{z/n+\text{душ}}, \text{ м}^3/\text{добу} \quad (17)$$

Кількість стічної води з потреб на знесолення на підприємстві визначають за формулою 18:

$$Q_{\text{стічна}}^{\text{знесол}} = Q_{\text{знесол}} - Q_{\text{безвор.}}^{\text{знесол}}, \text{ м}^3/\text{добу} \quad (18)$$

**7.** Витрати води на пожежогасіння на промпідприємстві приймають за завданням. Кількість пожеж на промпідприємстві прийняти згідно [3].

**8.** Необхідні вільні напори для промпідприємства приймають за завданням.

#### **4. Джерела водопостачання та вибір місця розташування водозабірних споруд**

На підставі аналізу даних про кількість та властивості води у джерелі водопостачання, геодезичних, геологічних та інших місцевих умов зробити вибір схеми промислового водопостачання. Рекомендується наступна література [1; 8; 11].

**Поверхневі води.** Вихідні дані по поверхневому джерелу виписати з таблиці 2 завдання. У записці необхідно навести: назву річки, місце розташування промислового підприємства відносно річки, мінімальні та максимальні витрати води в річці, аналізи води в річці (максимальна каламутність у повінь, температура, жорсткість карбонатна та загальна, колі-індекс). Проаналізувати наведені дані та показати, при яких умовах річка може бути джерелом водопостачання. На ситуаційному плані вибрати місце для розташування водозабірних споруд і навести дані по створу водозабору: віддаленість його від промислового підприємства характер берега (крутий або пологий), довжину самопливних ліній труб для річки з пологим берегом, глибину річки у межень, амплітуду коливання рівня води, позначку високого рівня води відносно берега.

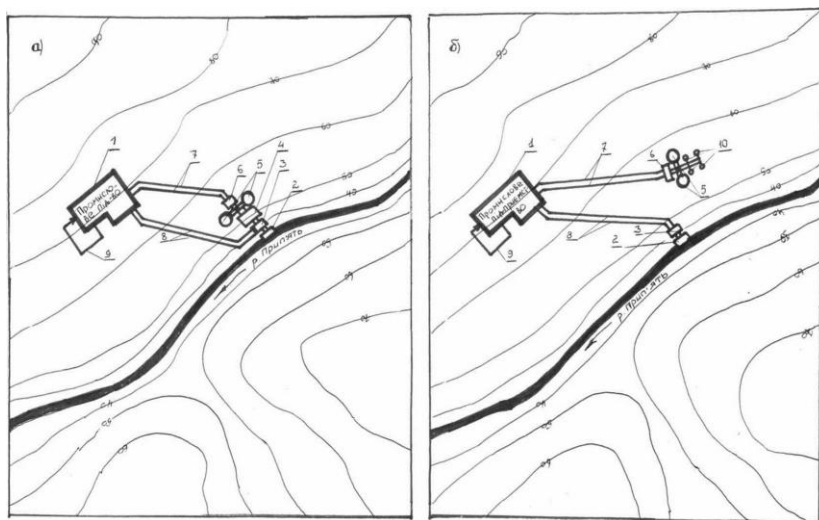
**Підземні води.** Вихідні дані по підземним водам виписати з таблиці 3 завдання. У записці необхідно навести місце розташування майданчика під водозабірні свердловини, глибину свердловини, заглиблення статичного рівня від поверхні землі, питомий дебіт одної свердловини, характеристику піщаного водоносного горизонту (його потужність, 50% діаметр піску, коефіцієнт неоднорідності та коефіцієнт фільтрації) та аналіз якості підземної води. Проаналізувати наведені дані та показати, при яких умовах підземні води можуть бути джерелом водопостачання промислового підприємства.

##### **4.1. Вибір місця розташування водозабірних споруд.**

На основі аналізу даних питної та неочищеної води, наведених у таблиці 1 завдання і відомостей із розділу 3 розробити варіанти схем водопостачання і показати їх на

ситуаційному плані. При цьому, увагу необхідно приділити питанню про будівництво об'єднаної, роздільної або комбінованої системи водопостачання на господарсько-питні, протипожежні та виробничі потреби промислового підприємства.

*Для прийнятих системи водопостачання промислового підприємства* студент повинен призначити склад споруд і нанести їх на ситуаційний план в умовних позначках, описати ці споруди (за ходом руху води), на вкладці 2 записки дати безмасштабну висотну схему споруд водопроводу з позначками поверхні землі біля споруд.



**Рис.1. Схема розташування споруд системи водопостачання промислового підприємства**

1-промислове підприємство; 2-водозабірна споруда з поверхневого джерела; 3-насосна станція першого підйому; 4-станція підготовки води питної якості; 5-резервуари чистої води; 6-насосна станція другого підйому; 7-водоводи питної води; 8-водоводи неочищеної води; 9-система зворотного водопостачання промислового підприємства.

При складанні схем використовують дані завдання по джерелам водопостачання. Місце забору технологічної неочищеної води з річки вибрати у безпосередній близькості від підприємства з умов забору води найкращої якості, майданчик розташування водозабірних свердловин прийняти з умови можливості живлення підземного джерела та найближчої відстані до водоспоживача.

## **5. Схеми водопостачання на промисловому підприємстві.**

Схему водопостачання на промисловому підприємстві визначають з урахуванням рекомендацій [3,8], залежно від розрахункових витрат води та вимог до якості води для різних потреб промислового підприємства. При визначенні та складанні схем водопостачання визначається необхідність обробки води при порівнянні даних про якість води джерела водопостачання та вимог споживачів до її якості і призначають можливий склад споруд корегування якості води. У записці при описі корегування якості води в системах водопостачання промислового підприємства наводять всі необхідні пояснення та обґрунтування рішень, що приймаються.

Виходячи з вище перерахованих рекомендацій, будується балансова схема водопостачання промислового підприємства, на якій показують окремими блоками всі елементи схеми водопостачання та водовідведення промислового підприємства; трубопроводи зовнішніх мереж водопостачання та водовідведення згідно [8]. Приклад балансової схеми водопостачання та водовідведення наведено на рис. 2.

Витрати води на господарсько-питні потреби, душі, технічні та технологічні потреби між цехами підприємства розподіляються у відсотках, згідно завдання. Розподіл води по цехах наведено в таблиці 2.

Таблиця 2

## Розподіл води % по цехах промислового підприємства

Назва цеху	$Q_{\text{техн.чист. зав.ор.}}$	$Q_{\text{техн.чист. пряч.}}$	$Q_{\text{г./л. + душ}}$	$Q_{\text{зв.ес.}}$
м <sup>3</sup> /добу				
Витрати води по цехах				
Незворотні витрати води				
Витрати стічної води				

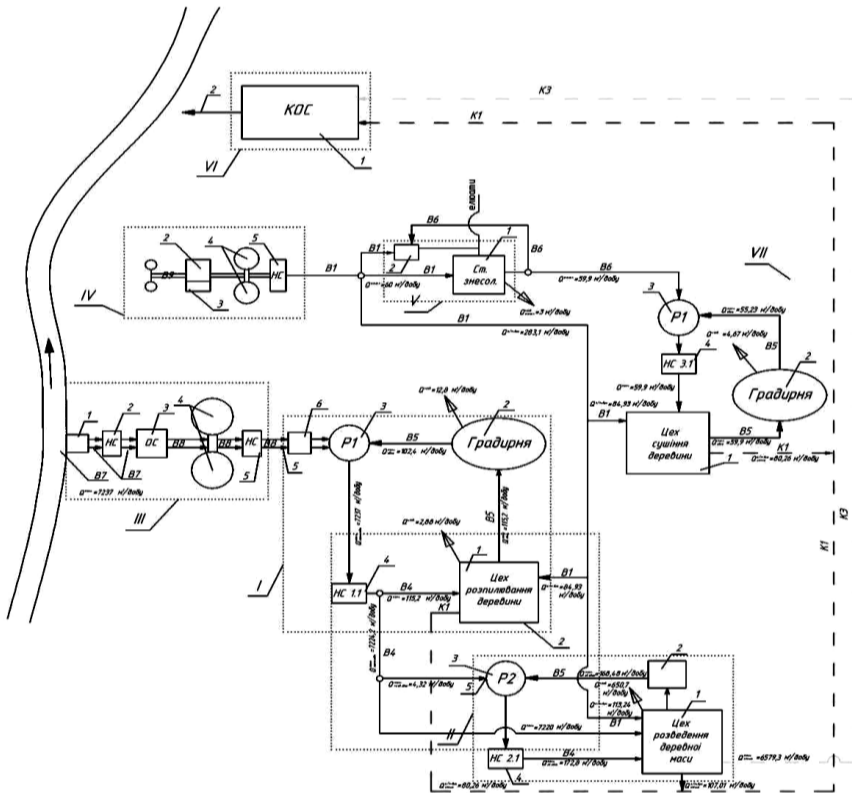
Діаметри труб, які підводять і відводять воду з кожного цеху визначаю за рекомендованою швидкістю  $V=0,8-1,2$  м/с і заносимо у таблицю 3 [13]

Таблиця 3

## Діаметри трубопроводів

№ блоку	Назва трубопроводу	Матеріал труб	Витрати, л/с	Діаметр, мм	Швидкість, м/с

*Примітка. Для системи водопостачання підприємства приймають сталеві труби, для системи водовідведення приймають чавунні труби.*



**Рис. 2. Балансова схема водопостачання промислового підприємства**

*I – блок водопостачання 1-го циклу виробничих процесів підприємства: 1 – цех розпилювання деревини; 2 – гради́рня, для охолодження оборотної води, яка рухається в 1-му циклі виробничих процесів підприємства; 3 – резервуар накопичення оборотної води в 1-му циклі виробничих процесів підприємства; 4 – насосна станція підкачки води у цех розпилювання деревини; 5 – підживлення системи водопостачання першого контуру технічною водою; 6 – станція стабілізації технічної води, яка підживлює оборотну воду в 1 – циклі водопостачання.*

*II – блок водопостачання 2-го циклу виробничих процесів підприємства: 1 – цех розведення деревної маси підприємства; 2 – флотокомплекс для очистки оборотної води, яка рухається в 2-му циклі виробничих процесів підприємства; 3 – резервуар накопичення оборотної води в 2-му циклі виробничих процесів підприємства; 4 – насосна станція*



підкачки води у цех розведення деревної маси; 5 – підживлення системи водопостачання другого контуру технічною водою.

*III – блок забору та приготування води для технічних потреб промислового підприємства:* 1 – водозабірні споруди (руслівий водозабір); 2 – насосна станція 1-го підняття річкової води; 3 – водоочисні споруди річкової води на технічні потреби підприємства; 4 – резервуари чистої води; 5 – насосна станція 2-го підняття освітленої річкової води на технічні потреби підприємства.

*IV – блок забору та підготовки підземної води на господарсько-побутові, питні потреби та води технічної питної якості для потреб підприємства:* 1 – водозабірні споруди (водозабірні свердловини); 2 – станція знезалізнення підземної води; 3 – станція стабілізації знезалізненої підземної води; 4 – резервуари чистої води; 5 – насосна станція 2-го підйому очищеної підземної води.

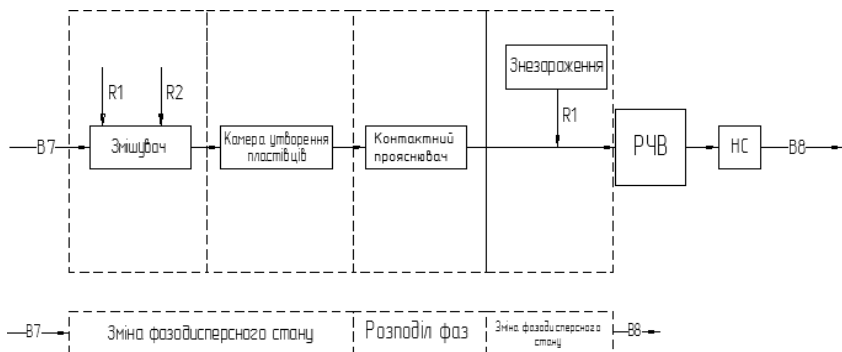
*V – блок знесолення підземної води на потреби підприємства:* 1 – станція знесолення; 2 – котельня.

*VI – блок очищення стічних вод, які утворюються в результаті господарсько-побутових та виробничих процесів на підприємстві:* 1 – каналізаційні очисні споруди; 2 – скид очищених стічних вод від підприємства у річку.

*VII – блок водопостачання 3-го циклу виробничих процесів підприємства:* 1 – сушильний цех підприємства; 2 – градирня, для охолодження знесоленої оборотної води, яка рухається в 3-му циклі виробничих процесів підприємства; 3 – резервуар накопичення оборотної води в 3-му циклі виробничих процесів підприємства; 4 – насосна станція підкачки води у сушильний цех; 5 – підживлення системи водопостачання третього контуру знесоленою водою.

## **6. Вибір технологічних схем підготовки якості води для систем водопостачання промислового підприємства.**

Залежно до вимог якості води для використання її у виробничому процесі складають схему корегування якості води та призначають споруди для виконання необхідних процесів. За вибраною технологічною схемою складають блок-схему очистки води і змін фазово-дисперсного стану у спорудах (рис. 3) та розраховують основні конструктивні параметри обраних споруд.



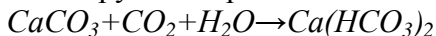
**Рис. 3 . Блок-схема очистки воды при змінах фазово-дисперсного стану по спорудах**

Корегування якості води може включати такі процеси як: стабілізація, пом'якшення, знесолення, знезалізнення тощо. Крім того на промислових підприємствах існують системи оборотного водопостачання, які забезпечують охолодження пристроїв, обладнання, приладів і вимагають наступного охолодження. Необхідно визначити спосіб охолодження та запроєктувати споруди для його забезпечення.

Приклади розрахунку окремих методів корегування якості розглянуті у наступних підрозділах та [8].

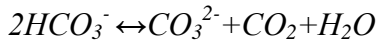
### **6.1. Розрахунок стабілізаційної обробки води**

Для підтримання в розчині визначеної концентрації бікарбонатних іонів необхідно, щоб в ньому знаходилась певна кількість вільної вуглекислоти (рівноважна вуглекислота) що відповідає заданій концентрації. Якщо вуглекислота, яка знаходиться у воді, перевищує рівноважну концентрацію, то надлишок  $\text{CO}_2$  вступає в реакцію з металом, викликаючи корозію з твердим карбонатом кальцію та розчинення захисної карбонатної плівки на трубах по реакції:



#### **1) Визначаємо вміст вільного діоксиду вуглецю у воді**

Між різними формами вугільної кислоти існує динамічна рівновага:



Концентрація агресивної вуглекислоти визначається за формулою:

$$[CO_2]_{agr.} = [CO_2]_{вільна} - [CO_2]_{рівновж.}, \text{мг/дм}^3$$

З номограми (додаток 1) визначають вміст у воді вільної вуглекислоти за вихідними параметрами води, яка буде проходити стабілізаційну обробку. З номограми (додаток 2) визначають значення величини параметра А, використовуючи параметри солевмісту. За номограмою (додаток 3). визначають рівноважну концентрацію вуглекислоти.

**2) Необхідність стабілізаційної обробки води визначаємо за індексом Ланжельє:**

$$I_L = pH - pHs, \quad (19)$$

де  $pH$  – водневий показник води, яка досліджується;  $pHs$  – водневий показник, при якому вода з концентраціями іонів кальцію і гідрокарбонатів при даній температурі води і загальному вмісті солі є стабільною, визначаємо за формулою:

$$pHs = f(t) - f(Ca^{2+}) - f(I) + f(P), \quad (20)$$

де  $f(t)$  – функція температури води;  $f(Ca^{2+})$  – функція концентрації в воді іонів кальцію, приймаємо  $f(I)$  – функція лужності води;  $f(P)$  – функція солевмісту води (додаток 3).

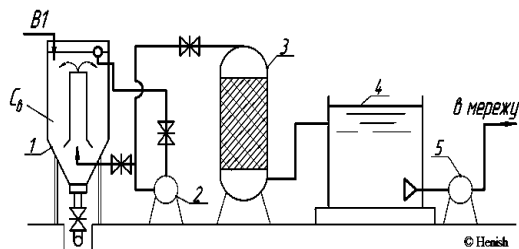
Якщо  $I_L < 0$  – вода корозійна;  $I_L > 0$  – вода схильна до карбонатних відкладень;  $I_L \approx 0$  – вода стабільна.

Необхідність стабілізаційної обробки води визначають також за методом Різнера:

$$I_R = 2pHs - pH, \quad (21)$$

Якщо  $I_R = 6...7$  – вода стабільна;  $I_R > 7$  – вода агресивна;  $I_R < 6$  – вода схильна до карбонатних відкладень. Якщо вода у джерелі водопостачання є агресивною і корозійною вона потребує стабілізаційну обробку.

Згідно [3] для стабілізації води використовуємо вапно  $NaOH$  ( $CaOH$ ).



**Рис.4. Схема установки стабилизации воды:**

*1 – розчинно-витратний бак з гідро змішувачем; 2 – циркуляційний насос; 3 – напірний фільтр; 4 – бак збору лужного реагенту; 5 – насос який подає стабілізовану воду в мережу*

### **3). Визначають необхідну кількість реагентів для стабілізації води**

Дозу вапна для стабілізації води визначають за формулою:

$$D_{\epsilon} = 28 \cdot \beta_{\epsilon} \cdot K_m \cdot L, \text{мг/дм}^3 \quad (22)$$

де  $\beta_{\epsilon}$  – коефіцієнт, який залежить від  $pH$  і індексу насичення води [3, 8],  $K_m$  – коефіцієнт, який залежить від температури, приймаємо  $K_m = 1,0$ . Ємкість розчинно-витратного бака визначаємо з виразу:

$$W_{p-\epsilon} = \frac{Q_{p-\epsilon} \cdot n \cdot D_{\epsilon}}{1000 \cdot b \cdot \gamma}, \text{м}^3 \quad (23)$$

де  $Q_{p-\epsilon}$  – повна розрахункова продуктивність очисної станції,  $\text{м}^3/\text{добу}$ ;  $n$  – час, на який заготовлюється розчин вапна, приймаємо  $n = 12 \text{ год}$ ;  $D_{\epsilon}$  – доза вапна,  $\text{мг/л}$ ;  $b$  – концентрація розчину вапна, приймаємо  $b = 5\%$ ;  $\gamma$  – об'ємна вага розчину вапна, приймаємо  $\gamma = 1,0 \text{ т/м}^3$ .

Продуктивність насоса-дозатора визначаємо як :

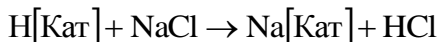
$$Q_{\text{НД}} = \frac{1000 \cdot W_{p-\epsilon(\text{факт})}}{t_{\text{ц}}}, \text{л/год} \quad (24)$$

## 6.2. Розрахунок споруд знесолення оборотної води промислового підприємства

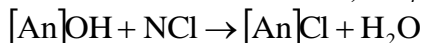
### 6.2.1. Вибір метода знесолення води та технологічної схеми очистки

Використовуючи якісні показники джерела водопостачання та вимоги системи зворотного водопостачання промислового підприємства, приймають схему знесолення води відповідно до [3, 8] .

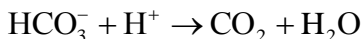
Технологічна схема (рис.5) працює таким чином: вода направляється на катіонітовий фільтр I-го ступеня, де протікають процесивилучення катіонів сильних основ  $Na^+$ ,  $K^+$  [8].



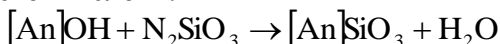
Крім того, на цьому фільтрі вилучаються катіони жорсткості  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ . Далі вода поступає на аніонний фільтр I ступеня 2, де вилучаються аніони сильних кислот  $Cl$ ,  $SO_4^{2-}$ .



Далі вода переходить в катіонітовий фільтр II ступеня 3, де додатково вилучаються катіони сильних основ. Вода підкислюється і за рахунок зсуву карбонатної рівноваги по реакції утворюється вуглекислота  $CO_2$ , яка вилучається в дегазаторі 4.



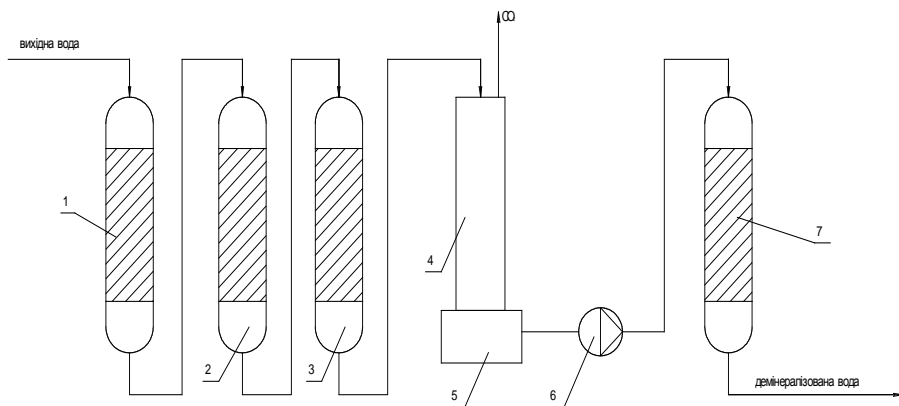
Демінералізована вода збирається в ємкості 5 і насосом 6 направляється в аніонний фільтр II ступеня 7, де вилучаються аніони кремнієвої кислоти.



Демінералізована вода подається споживачеві.

Регенерація катіоніту проводиться за допомогою кислот  $HCl$  чи  $H_2SO_4$ . Регенерація аніонітів відбувається аналогічно регенерації катіонітів, але з допомогою ідкого натрію  $NaOH$ . При регенерації катіони  $H^+$  та аніони  $OH^-$  внаслідок високої

концентрації витісняють з поверхні катіоніту та аніоніту затримані раніше катіони та аніони, які переходять у регенераційний розчин, утворюючи концентрат солей – елюат.



**Рис. 5. Технологічна схема знесолення води**

*1 – катіоновий фільтр I-го ступеня в Н – формі; 2 – аніонітовий фільтр I-го ступеня завантажений слабоосновним аніоном в ОН – формі; 3 – катіоновий фільтр II-го ступеня в Н – формі; 4 – дегазатор; 5 – ємкість знесоленої води; 6 – насос; 7 – аніонітовий фільтр II-го ступеня завантажений сильноосновним аніоном в ОН – формі.*

### 6.2.2. Розрахунок катіонітових фільтрів I ступеня

Розрахунок проводиться згідно [3,8]. Для завантаження катіонітового фільтру 1 ступеню використовують катіоніт КУ-2-8-чс. Об'єм катіоніту визначають за формулою 25:

$$W_{\kappa}^1 = \frac{24 \cdot q_{\text{год}} (Ж_3 + C_{\text{Na}}) \cdot \alpha}{n_p \cdot E_{\text{роб}}^{\text{н}}}, \text{ м}^3 \quad (25)$$

$q_{\text{год}}$  – витрата води що знесолюється,  $\text{м}^3/\text{год}$ ;  $Ж_3$  – загальна

жорсткість води, ммоль/дм<sup>3</sup>;  $C_{Na}$  – загальна концентрація калію та натрію у вихідній воді, мг-екв/л;  $\alpha$  – коефіцієнт, що враховує потреби води на водоочисній станції,  $\alpha=1,1-1.35$  (більші значення приймаються при збільшенню вмісті солей та глибокому знесоленні);  $n_p$  – число регенерації кожного фільтра за добу [3, 8],  $n_p=2-3$  рази;  $E_{роб}^H$  – робоча об’ємна ємність  $H$ -катіоніту, г-екв/м<sup>3</sup>:

$$E_{роб}^H = \alpha_n \cdot E_{нов} - 0.5 \cdot q_{num} \cdot C_k \quad (26)$$

де  $\alpha_n$  – коефіцієнт ефективності регенерації  $H$ -катіоніту [3, 8], приймають залежно від питомої витрати кислоти, що йде на регенерацію  $H$ -катіонітового фільтра ( $\alpha_n=0.85$ ) при питомій витраті кислоти 100 г/г-екв робочої обмінної ємності катіоніту;  $E_{нов}$  – повна обмінна ємність катіоніту. Приймають катіоніт марки КУ-2, для якого обмінна ємність згідно [3,8] становить 1500-1700 г-екв/м<sup>3</sup> ( $E_{нов}=1600$ ) г-екв/м<sup>3</sup>. Фільтр регенерують розчином сірчаної кислоти;  $q_{num}$  – витрата води на промивку катіоніту після регенерації приймають  $q_{num}=4-5$  м<sup>3</sup> води на 1 м<sup>3</sup> катіоніту;  $C_k$  – загальний вміст у воді катіонітів  $Ca$ ,  $Mg$ ,  $Na$  та  $K$  в г-екв/м<sup>3</sup>.

$$C_k = \frac{[Na]}{e_{Na}} + \frac{[Mg]}{e_{Mg}} + \frac{[Ca]}{e_{Ca}} + \frac{[K]}{e_K}; \quad (27)$$

Загальна площа катіонітових фільтрів буде дорівнювати:

$$F_k = \frac{W_k^1}{H_k^1}, \text{ м}^2 \quad (28)$$

$H_k^1$  – висота шару катіоніту у фільтрах приймають 2-3.5 м.

Приймаємо стандартний діаметр  $D_k$  та кількість катіонітових фільтрів  $N_k$  шт, (рекомендований діаметр фільтрів:  $D_k=1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 3.4$  м) [8] і визначають площу одного катіонітового фільтра з уточненням кількості катіонітових фільтрів I ступені Додаток 5, 6.

Після уточнення кількості і загальної площі фільтрів визначають фактичну швидкість фільтрування. Якщо знайдена

фактична швидкість знаходиться в межах потрібної швидкості (10÷25 м/год), то кількість прийнятих катіонітових фільтрів І ступеня не змінюється. Приймають резервні катіонітові фільтри [3].

### 6.2.3. Розрахунок катіонітових фільтрів II ступеня

Для катіонітових фільтрів II ступеня робочу ємкість катіоніту визначають за формулою 29:

$$E_{роб}^H = \alpha_n \cdot E_{нов} - 0.5 \cdot q_{num} \cdot C_{Na}, \quad (29)$$

де  $C_{Na}$  – вміст натрію у воді, яка надходить на катіонітові фільтри другого ступеня, що є наслідком проскоку натрію у фільтрат першого ступеня (значення дорівнює концентрації натрію у вихідній воді). При питомій витраті сірчаної кислоти 100 г/г-екв., значення  $\alpha_n$  буде дорівнювати 0.85, а питома витрата освітленої води  $q_{num}$  буде прийнята 8-10 м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup> катіоніту.

Згідно [3,8] приймають такі параметри катіонітових фільтрів II ступеня:

швидкість фільтрування  $V_{\phi} = 40-60$  м/год;

висоту шару катіоніту  $H_{кат} = 1.5$  м;

робочу об'ємну ємкість КУ-2 – 400÷500 г/екв/м<sup>3</sup>.

Об'єм катіоніту визначають аналогічно фільтрам I ступеня. При чому вважається, що у катіонітовому фільтрі II ступеня вилучають тільки катіони  $Na^+$ . Це дозволяє розраховувати фільтри з деяким резервом, що виключає проскакування іонів  $[Na^+]$  через фільтри II ступеня.

Для завантаження фільтру використовують катіоніт КУ-2-8. Об'єм катіоніту визначають за формулою 30:

$$W_{K}^{II} = \frac{Q_{пов} \cdot C_{Na} \cdot \alpha}{n_p \cdot E_{роб}^H}, \text{ м}^3 \quad (30)$$

де  $C_{Na}$  – загальна концентрація натрію у вихідній воді, ммоль/дм<sup>3</sup>;  $\alpha$  – коефіцієнт, що враховує потреби води на



водоочисній станції,  $\alpha=1,3$ ;  $n_p$  – число регенерації кожного фільтра за добу  $n_p=2-3$  рази;  $E_{роб}''$  – робочу обмінну ємність

Н-катіоніту, г-екв/м<sup>3</sup> приймають  $E_{роб}'' = 400 - 500 \frac{г \cdot экв}{м^3}$ .

Загальна площа катіонітових фільтрів II ступеня:

$$F_{\kappa}'' = \frac{W_{\kappa}''}{H_{\kappa}''}, м^2 \quad (31)$$

Приймають кількість катіонітових фільтрів ( $N_{\epsilon}^P$ ) і визначають площу одного катіонітового фільтра:

$$f_{\kappa}'' = \frac{F_{\kappa}''}{N_{\kappa}''}, м^2 \quad (32)$$

Діаметр катіонітового фільтра II ступеня буде дорівнювати:

$$D_{\kappa} = \sqrt{\frac{f_{\kappa}''}{0,785}}, м \quad (33)$$

Приймають стандартний діаметр катіонітового фільтра II ступеня і визначають фактичну площу катіонітового фільтра II ступеня:

$$f_{\kappa,ф}'' = 0,785 \cdot D_{\kappa}^2, м^2 \quad (34)$$

Фактична швидкість фільтрування буде дорівнювати:

$$V_{\phi} = \frac{Q_{нов}}{24 \cdot N_{\kappa}'' \cdot f_{\kappa,ф}''}, \frac{м}{год} \quad (35)$$

Якщо знайдена фактична швидкість знаходиться в межах потрібної швидкості (10-50 м/год), то кількість прийнятих катіонітових фільтрів II ступеня не змінюється. Додатково приймають резервний катіонітовий фільтр [3].

#### 6.2.4. Розрахунок аніонітових фільтрів I ступеня

Об'єм аніонітового фільтра I ступеня визначають за формулою 36:

$$W_a^I = \frac{Q_{нов} \cdot a_1 \cdot C_a}{n_p \cdot E_p}, \text{ м}^3 \quad (36)$$

де:  $C_a$  - сумарний вміст сульфатних, хлоридних іонів у вихідній воді, г-екв/м<sup>3</sup>.

$$C_a = \frac{[SO_4]}{e_{SO_4}} + \frac{[Cl]}{e_{Cl}}, \frac{\text{г} \cdot \text{екв}}{\text{м}^3}, \quad (37)$$

$E_p$  - робочу об'ємну ємність аніоніту, приймають для слабоосновного аніоніту марки АН-31,  $E_p=600-700$  г-екв/м<sup>3</sup>.

$$F_a^I = \frac{Q_{нов} \cdot a_1}{n_p \cdot T_1 \cdot V_{AI}}, \text{ м}^2, \quad (38)$$

де  $Q_{нов}$  - витрата води на станції демінералізації, м<sup>3</sup>/добу;  
 $n_p$  - кількість регенерацій фільтрів на добу,  $n_p=1..2$  шт;  
 $a_1$  - коефіцієнт, що враховує витрату води на наступному ступені знесолення = 1,3;  $T_1$  - тривалість роботи кожного фільтра між регенераціями:

$$T_1 = \frac{24}{n_p} - \tau_p, \text{ год}, \quad (39)$$

де:  $\tau_p$  - загальна тривалість всіх операцій по регенерації фільтрів, приймають 5 год (розпушення 0.25 год, регенерація 1.5 год, відмивка 3 год);  $V_{AI}$  - розрахункова швидкість фільтрування, 30 м/год; Визначають висоту шару аніоніту у фільтрах:

$$h_a^I = \frac{W_a^I}{F_a^I}, \text{ м}, \quad (40)$$

Якщо висота шару аніонітового фільтра I ступеня не лежить в межах потрібної 1,5 – 2,5 м, то площа аніонітового фільтра I ступеня буде дорівнювати:

$$F_a = \frac{W_a^I}{h_a^I}, \text{м}^2 \quad (41)$$

Приймають кількість аніонітових фільтри  $N_e^I$  і визначають площу одного аніонітового фільтру.

$$f_a^I = \frac{F_a^I}{N_{\kappa}^I}, \text{м}^2, \quad (42)$$

Діаметр аніонітового фільтра I ступеня визначають за формулою:

$$D_a = \sqrt{\frac{f_a^I}{0,785}}, \text{м}, \quad (43)$$

Приймають стандартний діаметр аніонітового фільтра I ступеня і визначають фактичну площу аніонітового фільтра I ступеня

$$f_{a.\phi}^II = 0,785 \cdot D_a^2, \text{м}^2, \quad (44)$$

Фактичну швидкість фільтрування буде дорівнювати::

$$V_{\phi} = \frac{Q_{нов}}{24 \cdot N_{\kappa}^I \cdot f_{a.\phi}^II}, \frac{\text{м}}{\text{год}} \quad (45)$$

Якщо знайдена фактична швидкість знаходиться в межах потрібної швидкості (15-25 м/год), то кількість прийнятих катіонітових фільтрів I ступеня не змінюється. Приймають резервні аніонітові фільтри, [3].

### 6.2.5. Розрахунок аніонітових фільтрів II ступеня

Для аніонітових фільтрів II ступеня розрахунок проводять подібно попередньому з врахуванням окремих параметрів:

.....швидкість фільтрування  $V_{\phi}=15-25$  м/год;(до 30м/год)

.....висота шару аніоніту  $H_a=1.5$  м

.....як завантаження приймають сильноосновний аніоніт АВ-17-8.

Робочу об'ємну ємкість визначають відносно поглинання

кремнієвої кислоти залежно від концентрації  $\text{SiO}_3^{2-}$  в очищеній воді. При вмісті кремнієвої кислоти до  $0,5 \text{ ммоль/дм}^3$  кремнеємкість аніоніту буде складати  $530 \text{ г'екв/м}^3$ . Залишкова концентрація кремнію в очищеній воді не більше  $0.05 \text{ мг/дм}^3$ . Робоча обмінна ємкість аніоніту по  $\text{SiO}_3^{2-}$  буде дорівнювати:

$$E_{\text{роб}}^{\text{АІІ}} = E_{\text{SiO}_3} - 0.5 \cdot q_{\text{num}} \cdot C_{\text{SiO}_3}, \quad (46)$$

де  $q_{\text{num}}$  – питома витрата води,  $\text{м}^3/\text{год}$ ,  $8 \text{ м}^3/\text{год}$ ;  
 $C_{\text{SiO}_3}$  – концентрація  $\text{SiO}_3$ . Визначають об'єм аніоніту у фільтрах II ступеня:

$$W_{\text{А}}^{\text{ІІ}} = \frac{\alpha \cdot Q \cdot C_{\text{SiO}_3}}{n_{\text{р}} \cdot E_{\text{роб}}^{\text{АІІ}}}, \text{м}^3, \quad (47)$$

$\alpha = 1,1$ ;  $n_{\text{р}}$  – кількість робочих фільтрів; уточнюють площу одного фільтра і перевіряють швидкість. Кількість резервних фільтрів приймають 1.

#### 6.2.6. Розрахунок дегазатора

Для вилучення  $\text{CO}_2$ , що утворився за рахунок підкислення води, після катіонітових фільтрів застосовують вентиляторну градирню з дерев'яною ходовою насадкою. Визначають площу поперечного перерізу градирні:

$$F = \frac{Q_{\text{год}}^2}{I}, \quad (48)$$

де  $I$  – інтенсивність зрошення для дерев'яної насадки приймають  $40 \text{ м}^3/\text{год} \cdot \text{м}^2$ , [3, 8]. Діаметр градирні визначають з формули:

$$F = 0,785 \cdot d_{\text{гр}}^2; \quad (49)$$

Висоту шару насадки в градирні приймають залежно від вмісту  $\text{CO}_2$  у воді:

$$(\text{CO}_2)_{\text{заг}} = (\text{CO}_2)_e + 44 I_0, \text{мг/дм}^3 \quad (50)$$

де  $(\text{CO}_2)_e$  – концентрація вільного  $\text{CO}_2$  у воді,  $\text{мг/дм}^3$ ;

$L_0$  – лужність вихідної води.

За [8] підбирають висоту шару дегазатора  $H$ . Крім того, підбирають вентилятор для подачі повітря. Витрата повітря буде дорівнювати:

$$Q_n = q_n^{\text{пит}} \cdot Q_{\text{год}}, \text{м}^3 / \text{год} \quad (51)$$

де  $q_n^{\text{пит}}$  – питома витрата повітря на  $1 \text{м}^3$  води,  $15 \text{м}^3/\text{м}^3$ , напір повітродувки:

$$H_n = h_n^n \cdot H + \Delta h \quad (52)$$

де  $h_n^n$  – питома витрата напору на 1 м висоти втрати насадки, 10мм;  $\Delta h$  – інші втрати напору, 30-40мм [3,8].

### **6.2.7. Розрахунок господарства для промивки та регенерації фільтрів**

#### ***Катіонітові фільтри I ступеня***

Регенерація проводиться (1-1,5) розчином  $H_2SO_4$ . Витрату 100% кислоти визначають за формулою:

$$P_K = \frac{F_{K1} \cdot H_{K1} \cdot E_{\text{роб}}^{K1} \cdot \alpha_n}{1000}, \text{кг} \quad (53)$$

$\alpha_n$  – приймають залежно від жорсткості фільтрату та вихідної мінералізації води [3,8] – питома витрата  $H_2SO_4$ , г/г-екв поглинання катіонів. Важають, що жорсткість фільтрованої води буде не більше  $0,1 \text{ ммоль/дм}^3$ ,  $\alpha_n = 100 \text{ г/г-екв}$  поглинених катіоном  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Na^+$ ,  $K^+$ .

Визначають об'єм розчину кислоти концентрацією 1-1,5 %:

$$W_K = \frac{0,1 \cdot P_K}{C_K}, \text{м}^3 \quad (54)$$

$C_K$  – концентрація розчину кислоти, 1-1,5%, тривалість регенерації буде дорівнювати:

$$T_1 = \frac{W_{K1}}{V_{B1} \cdot F_K}, \text{ год} \quad (55)$$

де  $W_{K1}$  – об’єм катіоніту в першому фільтрі;  $V_{B1}$  – швидкість подачі розчину кислоти через фільтр, 10м/год .

Відмивку проводять до кислотності фільтрату, яка дорівнює сумі концентрації сульфатів і хлоридів, які надходять на відмивку. Половину відмивочної води скидають, а другу направляють у ємкість для наступного спущення катіоніту. Об’єм відмивочної води визначають з розрахунку витрат води  $10 \text{ м}^3/\text{м}^3$  катіоніту:

$$W_{B1DM}^{K1} = 10 \cdot W_{K1}, \quad (56)$$

Тривалість відмивки:

$$t_{від} = \frac{W_{від}^{K1}}{V_K \cdot F_K}, \quad (57)$$

Об’єм води для спущування дорівнює половині об’єму води, що подається на відмивку:

$$W_{всп} = 0.5 \cdot W_{відм}, \quad (58)$$

### **Катіоновий фільтр II ступеня**

Розрахунок проходить аналогічно фільтрам I ступеня з урахуванням наступного: витрату  $H_2SO_4$  на регенерацію визначають виходячи з питомої витрати 100%  $H_2SO_4$ , 100 г/г-екв погашених катіонів. Витрата  $H_2SO_4$  становить:

$$P_K = \frac{F_{K1I} \cdot H_{K1I} \cdot E_{роб}^{K1I} \cdot \alpha_n}{1000}, \quad (59)$$

$$\text{Об’єм розчину } H_2SO_4: \quad W_{KII} = P_K \cdot C \frac{C_K}{100}, \quad (60)$$

$$\text{Тривалість регенерації:} \quad T = \frac{W_{K1I}}{V_{B1I} \cdot F_K}, \quad (61)$$

### **Аніоновий фільтр I ступеня**

Регенерацію проводять 4% розчином  $NaOH$ . Питому витрату 100%  $NaOH$  приймають 120-140 кг/м<sup>3</sup> аніоніту. Визначають витрату  $NaOH$ :

$$P_{AI} = \frac{F_{AI} \cdot H_{AI} \cdot E_{роб}^{AI} \cdot \alpha_n}{1000}, \text{ кг} \quad (62)$$

$F_{AI}$  – площа аніонітового фільтру I ступеня;  $H_{AI}$  – висота завантаження;  $\alpha_n$  – питома витрата  $NaOH$  на м<sup>3</sup> аніоніту.

Визначають об'єм розчину  $NaOH$ :  $W_{AI} = \frac{P \cdot 100}{C_K}$ , (63)

### **Аніонітові фільтри II ступеня**

Регенерацію проводять 4% розчином  $NaOH$ . Питому витрату 100%  $NaOH$  приймаємо 120-140 кг/м<sup>3</sup> аніоніту. Визначають витрату  $NaOH$  аналогічно попереднім розрахункам. Об'єм води для впуснення завантаження аніонітових фільтрів I і II ступеня дорівнює половині об'єма відмивочної води:

$$W_{вспII} = 0.5 \cdot W_{відм}, \quad (64)$$

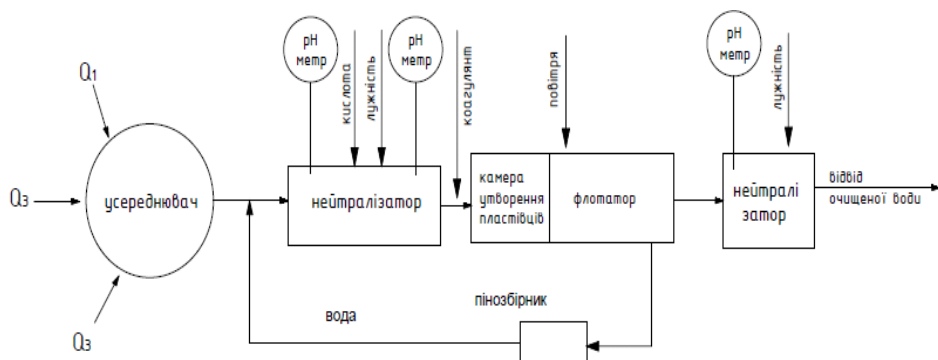
Передбачають взаємну нейтралізацію кислих і лужних відмивочних вод та при необхідності додаткову нейтралізацію суміші розчином луку ( $NaOH$  або вапном). Для нейтралізації приймають не менше 2 баків [3] нейтралізаторів об'ємом, що дорівнює загальній добовій кількості відмивочних вод та концентратів:

$$W_H = \sum W_{ел}^{доб} + \sum W_{води}^{доб}, \quad (65)$$

### **6.3. Розрахунок локальної очисної станції**

Для одного із цехів за завданням необхідно розрахувати локальні очисні споруди: градирні, флотаційні установки, цех стабілізаційної обробки води та скласти схему локальних очисних споруд. Прикладом локальної очисної станції може бути станція

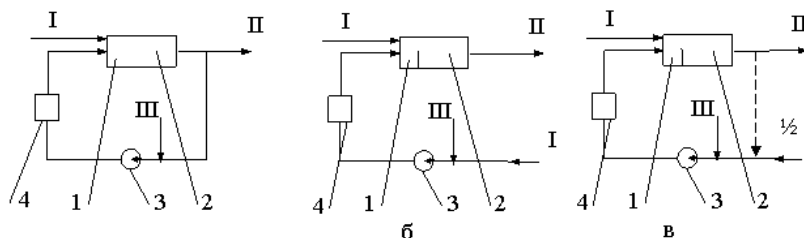
очищення стічних вод від цеху розведення мас деревини для повторного її використання (рис. 6). Очистка води на даній станції відбувається за допомогою флоатації.



**Рис. 6. Схема локальних очисних споруд цеху розведення маси деревини**

### 6.3.1. Розрахунок напірної флоатації

Для очищення зворотних вод використовуються наступні схеми напірної флоатації (рис. 7): а – з рециркуляцією, коли в сатуратор подається 20-50% очищеної води; б – з частково прямоточною схемою, коли в сатуратор направляється 30-70% неочищеної води, а інша частина - відразу ж у флотатор; в – з робочою рідиною.

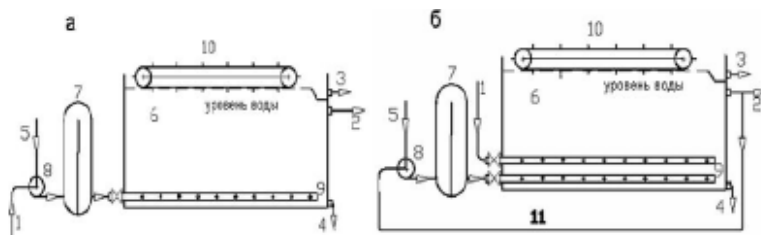


**Рис. 7. Схеми подачі води при напірній флоатації:**

а – з рециркуляцією; б – з частковою прямоточною схемою; в – з робочою рідиною; I – подача води; II – відведення очищеної води; III – подача повітря; IV – додаткова подача чистої води; 1 – приймальне відділення; 2 – флотаційне відділення; 3 – насос; 4 – сатуратор



В прикладі розглядається схема напірної флотації з рециркуляцією рідини (рис. 8 б). Початкова концентрація забруднюючих речовин  $C_{en} = 1,5$  г/л, ефект очистки  $E = 95\%$  згідно [3].



**Рис. 8. Принципова схема напірної флотації:**

1 – вхід води; 2 – вихід води; 3 – відведення піни; 4 – відведення шламу; 5 – введення повітря; 6 – флотаційна камера; 7 – сатуратор; 8 – насос; 9 – водорозподільний пристрій; 10 – пристрій для бирання піни; 11 - рециркуляція води.

Масу забруднень, які видаляються протягом години, кг/год, визначають за формулою 66:

$$m = Q_{mid} \cdot C_{en} \cdot E; \quad (66)$$

Кінцеву концентрацію забруднень, г/дм<sup>3</sup>, визначають за формулою:

$$C_{ex} = C_{en} \cdot (1 - E); \quad (67)$$

Концентрацію нерозчинних забруднень у суміші стічної води і рециркуляційної рідини, г/л, визначають за формулою:

$$C_{\phi} = \frac{C_{en} + R \cdot C_{ex}}{1 + R}; \quad (68)$$

де  $R$  – коефіцієнт рециркуляції, приймають  $R = 0,5$ .

Витрату повітря, л/год, визначають за формулою:

$$Q_{air} = U \cdot m; \quad (69)$$

де  $U$  – питома витрата повітря, л/кг забруднень, що вилучають,  $U = 19$  л/кг згідно [8]:

Концентрацію повітря у воді, л/м<sup>3</sup>, визначають за формулою:

$$C_{air} = \frac{Q_{air}}{Q_{mid} \cdot R}; \quad (70)$$

Згідно [3,4,8] визначають параметри насичення води повітрям: тиск  $P_n = 0,4$  МПа, тривалість насичення води повітрям –  $t_n = 2,5$  хв. Напір насоса, МПа буде дорівнювати:

$$H_n = m \cdot P_n + h_n; \quad (71)$$

де  $m$  – коефіцієнт, що приймають з метою прискорити розчинення повітря в напірному баку, для  $P_n = 0,4$  МПа, приймають  $m = 1,3$ ;  $h_n$  – втрати напору в трубопроводах від насоса до бака, в соплах і отворах пристроїв для перемішування:  $h_n = 0,05$  МПа. Витрату насоса, м<sup>3</sup>/год, визначають за формулою 72:

$$Q_n = R \cdot Q; \quad (72)$$

Об’єм напірного баку, м<sup>3</sup>, визначають за формулою:

$$W_{нб} = 1,25 \cdot Q_{mid} \cdot R \cdot \frac{t_n}{60}; \quad (73)$$

де 1,25 – коефіцієнт, що враховує накопичення повітря у верхній частині бака. Об’єм флотаційної камери, м<sup>3</sup>, визначають за формулою 74:

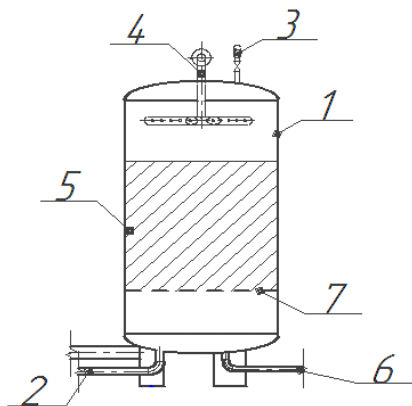
$$W_{\phi\kappa} = (1 + R) \cdot Q_{mid} \cdot \frac{t_{\phi}}{60}; \quad (74)$$

де  $t_{\phi}$  – тривалість флотації, можна прийняти  $t_{\phi} = 40$  хв. Кількість забруднюючих речовин що вилучаються, т/добу, визначають за формулою 75:

$$O_{зр} = \frac{(C_{en} - C_{ex}) \cdot Q_{доб}}{10^6}; \quad (75)$$

### 6.3.2. Розрахунок сатураторів

Сатуратор – це напірний резервуар для насичення води повітрям. У сатураторі (рис 9) відбувається розчинення повітря при тиску 0,3-0,5 МПа; у флотаційній камері, яка працює при атмосферному тиску, відбувається виділення розчиненого повітря і здійснюється процес флотації.



**Рис. 9. Схема сатуратора**

1 – корпус; 2 – відвід води насиченої повітрям; 3 – запобіжний клапан; 4 – подача води в сатуратор; 5 – завантаження; 6 – подача повітря; 7 – підтримуюча решітка.

Таким чином, утворення бульбашок газу відбувається внаслідок зменшення розчинності повітря у воді при зниженні

тиску. При цьому, виділення газу з води відбувається безпосередньо на частці. Загальний об'єм сатуратора становить:

$$W = t \cdot q_c \quad (76)$$

де,  $t$  – тривалість перебування води в сатураторі, с. Приймаємо  $t=300$  с;  $q_c$  – секундна витрата зворотної води від цеху розведення деревної маси, м<sup>3</sup>/с. Кількість сатураторів:

$$N = \frac{W}{w_1}, \text{шт} \quad (77)$$

де,  $w_1$  – об'єм одного сатуратора, м<sup>3</sup>. Площа поперечного перерізу становить:

$$F = \frac{w_1}{H}, \text{м}^2 \quad (78)$$

де  $H$  – робоча висота сатуратора, м.  $H=2 \dots 3$  м.

Діаметр сатуратора знаходимо за формулою:

$$D = \sqrt{\frac{F}{0,785}}, \text{м} \quad (79)$$

Для покращення процесу масопередачі в якості завантаження сатуратора приймають кільця Рашига. Всі трубопроводи сатуратора виконують з нержавіючої сталі

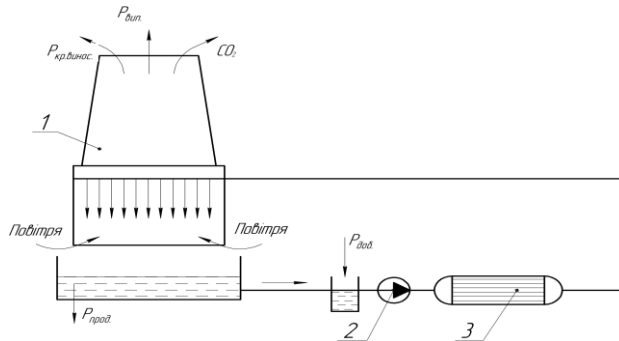
#### **6.4. Приклади розрахунку споруд для охолодження оборотної води**

При розрахунках необхідно визначити витрату води необхідну для продувки в системах оборотного охолодження. (рис. 10)

$$P_{\text{прод}} = \frac{Ж_{\text{к.доб}} \cdot P_{\text{вин}}}{Ж_{\text{к.гран}} - Ж_{\text{к.доб}} - P_{\text{кр.вин}}}, \% \quad (80)$$

де  $Ж_{\text{к.гран}}$  - карбонатна жорсткість циркуляційної води в

межах, якої вода буде стабільною, ммоль/дм<sup>3</sup>;  $J_{к.доб}$  – карбонатна жорсткість води у джерелі, (вих. дані  $J_{к.доб} = 2,0$  ммоль/дм<sup>3</sup>);  $P_{вип.}$  – витрати води на випаровування, %;  $P_{крап\ вин}$  – краплинний винос вітром вологи, % приймають 0,15%.



**Рис.10. Схема оборотного охолодження конденсату з градирнею:** 1 – градирня; 2 – циркуляційний насос; 3 – конденсатор;  $P_{вип.}$ ,  $P_{крап.вин.}$  – втрати води в градирні на випаровування і краплинний винос;  $P_{прод.}$  – продувка оборотної системи;  $P_{доб.}$  – підживлення в систему свіжої води.

Знаходять карбонатну жорсткість циркуляційної води, в межах якої вода буде стабільною, за формулою:

$$J_{к.гран} = 8 + \frac{ПО}{3} - \frac{t_{вх} - t_{вих}}{5,5 - \frac{ПО}{7}} - \frac{2,8 \cdot (J_{заг} - J_{к})}{6 - \frac{ПО}{7} + \left(\frac{t_{вх} - t_{вих}}{10}\right)^3}, \text{ ммоль / дм}^3 \quad (81)$$

де  $ПО$  – перманганатна окислювальність, поверхневі води, мгО/дм<sup>3</sup>;  $t_{вх}$  – температура води, яка надходить в градирню, (вих. дані);  $t_{вих}$  – температура води, яка виходить з градирні, (вих. дані);  $J_{заг}$  – загальна жорсткість води, (вих. дані);  $J_{к}$  – карбонатна жорсткість води, (вих. дані).

Визначають відсоток випаровування води при охолодженні за формулою:

$$P_{кип} = 0,16 \cdot X \cdot D_t, \% \quad (82)$$

де  $X$  – кількість теплоти, що видаляється з води за рахунок

його випаровування, (для весняно-осіннього періоду,  $X = 0,75$ ; для літнього періоду  $X = 1$ ; для зимового періоду  $X = 0,5$ );  $\Delta t$  – зниження температури в градирні,  $(t_{\text{вх}} - t_{\text{вих}}) = 45 - 35 = 10^\circ\text{C}$ .

#### 6.4.1. Розрахунок вентиляторної градирні

Площу вентиляторної градирні з бризкальним зрошувачем визначають за формулою:

$$F_{op} = \frac{W \times \Delta t \times \sqrt{\Delta t} \times 10^3}{K \times (v_B \times \rho)^{0,625} \times (t_1 - \tau)}, \text{м}^2 \quad (83)$$

де  $W$  – кількість охолодженої води,  $\text{м}^3/\text{добу}$ ;  $\Delta t$  – перепад температур води, визначаємо за формулою:

$$\Delta t = t_1 - t_2, ^\circ\text{C} \quad (84)$$

де  $t_1$  – температура гарячої відпрацьованої води,  $t_1 = 30^\circ\text{C}$ ;  $t_2$  – температура охолодженої води на градирні,  $t_2 = 25^\circ\text{C}$ ;  $\rho$  – густина повітря.  $K$  – коефіцієнт, який враховує взаємозалежність температури води і напору води перед розбризкувальним соплом, приймають  $K = 408$ ;  $v_B$  – швидкість руху повітря в зрошувачі градирні, приймають  $v_B = 2,1 \text{ м/с}$ .

Визначаємо фактичну площу зрошення  $\text{м}^2$  і витрату повітря:

$$Q_{нов} = v_B \times F_{op}^\Phi \times 3600, \text{м}^3/\text{год} \quad (85)$$

Питому витрату повітря визначають за формулою:

$$\lambda = \frac{Q_{пов} \times \rho}{W \times 10^3}, \text{кг повітря/кг води} \quad (86)$$

Густина дощу на зрошувачі (гідравлічне навантаження) визначають за формулою:

$$q = \frac{W}{F_{op}^\Phi}, \text{м}^3/\text{год на } 1 \text{ м}^2 \quad (87)$$

#### 6.4.2. Розрахунок дощового стоку і споруд очистки

Визначення об'ємів дощових стоків що відводиться на очисні споруди з майданчика промислового підприємства.

$$W_{\text{оч}} = 10 \cdot h_a \cdot F \cdot \varphi_{\text{mid}} \text{ (м}^3\text{)} \quad (88)$$

де  $h_a=5-10$ (мм) – висота шару опадів;  $F=18$  га – загальна площа стоку;  $\Sigma\varphi_{\text{mid}}=0,2$  ;  $F_1$  – площа окремого виду поверхні, га

Таблиця 4

Визначення об'ємів дощових стоків що відводиться на очисні споруди

Вид поверхні	Площа , га	Доля покриття, $F_1/F$	Конефіцієнт стоку, $\psi$	$F_1 \cdot \psi / F$
Покрівлі	$0,1 \cdot 18 = 1,8$ га	0,1	0,8	0,08
Асфальт	$0,2 \cdot 18 = 3,6$ га	0,2	0,6	0,12
		$\Sigma\varphi_{\text{mid}}=0,2$		

Приймають об'єм збірної ємності  $150 \text{ м}^3$  з запасом можливості більшої кількості дощів та їх інтенсивності. витрати дощової води, які надходять на очисні споруди :

$$Q_{\text{оч}} = \frac{W_{\text{оч}}}{24 - t} \text{ (м}^3 \text{ / год)} \quad (89)$$

де  $t$ - час відстоювання. Залежно від витрати дощової води, яка надходить на очисні споруди, вибираємо склад споруд очистки :

Витрата , ( $\text{м}^3 \text{ / год}$ )	Якість води		Склад споруд
	Завислі речовини,мг/л	Нафтопродукти,мг/л	
$\leq 25$	700	20	МР-ПС-АР-ТВ-РГ- Ф-Гау

В таблиці прийняти позначення: МР - механічні решітки; ПС - пісковловлювач; АР - акамулюючий резервуар; ТВ -тонкошаровий відстійник; РГ-реагентне господарство; ШФ - швидкий фільтр; Гау - адсорбер з гранульованим завантаженням.

### 6.4.3. Розрахунок тонкошарового відстійника.

Тонкошаровий блок (рис. 11) розраховують на роботу в протиточному режимі. Задають концентрацією завислих речовин, які надходять з дощовим стоком з площі автотранспортного цеху і пройшли тангенціальну пісколовку наприклад:  $C_{вих}=350$  мг/дм<sup>3</sup> гідравлічною крупністю  $U_0=0,25$  мм/с.

Висота яруса буде становити  $h_{ti} = 0,10$  м. Швидкість руху потоку  $V_w$  в ярусі відстійника  $V_w = 5$  мм/с. Довжину яруса  $L_{be}$  визначають за формулою:

$$L_{be} = \frac{V_w \cdot h_{ti}}{U_0} \cdot K_{dis}, \text{ м} \quad (90)$$

$K_{dis}$  – коефіцієнт зносу видалених частинок (для плоских пластин  $K_{dis}=1,15$ , для рифлених пластин  $K_{dis}=1$ ).

$$L_{be} = \frac{5 \cdot 0,10}{0,25} \cdot 1,15 = 2,3 \text{ м} \quad (91)$$

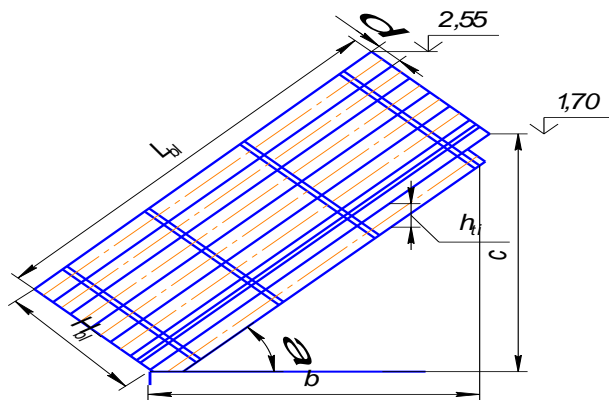


Рис. 11. Тонкошаровий модуль

Задають кут нахилу пластин  $\alpha=45^\circ$ . Після цього визначають відстань між пластинами за формулою:

$$b_n = h_{ti} \cdot \cos \alpha, \text{ м} \quad (92)$$



$b_n = 0,1 \cdot \cos 45^\circ = 0,07 \text{ м}$ . Задають кількість ярусів в модулі з умови простоти монтажу  $n_{ti}=20$ . Висота блоку становитиме:

$$H_{bl} = b_n \cdot n_{ti}, \text{ м} \quad (93)$$

Ширина однієї секції  $B_{sek}=6,0 \text{ м}$ . Продуктивність однієї секції становитиме:

$$q_{set} = 3,6 \cdot k_{set} \cdot H_{bl} \cdot B_{bl} \cdot V_v, \text{ м}^3 / \text{год} \quad (94)$$

$K_{set}$  – коефіцієнт використання об'єму приймають  $K_{set}=0,55$ .

#### **6.4.4. Розрахунок тангенціальної пісколовки**

Розрахункова витрата на одну секцію при проходженні дощу(перші 20 хвилин) складає  $= 6,5 \text{ м}^3/\text{год}$ . Приймають питоме навантаження пісколовки по дощовій воді  $q_0=100 \text{ м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{год}$ . Площу одного відділення пісколовки в плані (рис. 12) визначають за формулою 95:

$$F = \frac{q_{\max}}{n \cdot q_0}, \text{ м}^2 \quad (95)$$

де  $q_{\max}$  - максимальна витрата дощового стоку,  $\text{м}^3/\text{год}$ ;  $q_0$  - навантаження на пісколовку по воді,  $\text{м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{год}$ ;  $n$  – кількість секцій пісколовки.

Діаметр одного відділення становитиме:

$$D = \sqrt{\frac{4F}{\pi}}, \text{ м}^2 \quad (96)$$

Робочу глибину пісколовки приймають рівною половині діаметра:

$$h = \frac{1}{2} D, \text{ м} \quad (97)$$

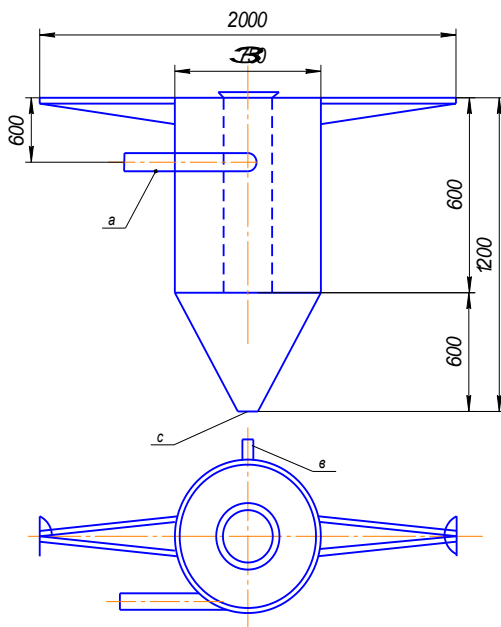
З врахуванням конструктивних особливостей установки і того, що підвідна труба знаходиться на відмітці - 0,8 м, глибина пісколовки складатиме 1,0 м. Для накопичення осаду передбачено конусне відділення, висоту якого визначають за формулою:

$$h_2 = \sqrt{D^2 - h_p^2}, \text{ м} \quad (98)$$

Об'єм конусної частини становитиме:

$$V_{\text{кон}} = \frac{\pi D^2 \cdot h_2}{3 \cdot 4}, \text{ м}^3 \quad (99)$$

Кут нахилу конусної частини складає  $45^\circ$ , це дає можливість затриманим частинкам сповзати по її стінкам до відкритого парубку  $d = 150\text{мм}$  і через нього потрапляти в накопичуючий бункер, з якого передбачають відкачку його перепускним грязьовим насосом або системою гідроелеваторів.



**Рис. 12. Тангенційна пісколовка**

*a* – подача води на очистку ; *б* – відвід води; *с* – вихід осаджених частинок (піску).

#### **6.4.5. Охолодження у бризкальному басейні:**

При охолодженні води можуть бути використані бризкальні басейни (рис. 13). Для їх розрахунку необхідно визначити температуру охолодженої води в бризкальному басейні при напорі перед соплами  $H = 5,5\text{м}$ , щільності зрошення

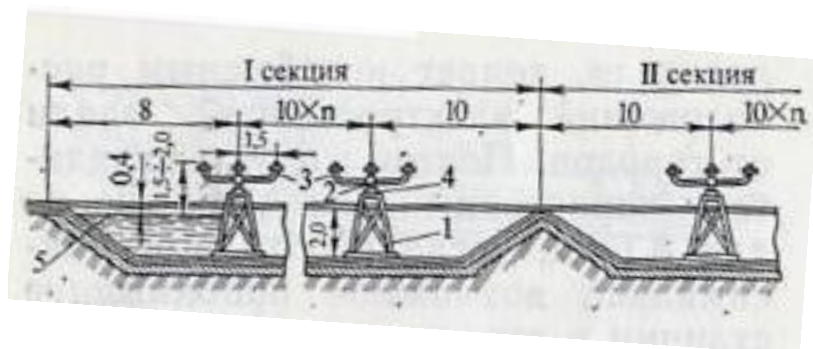
$q = 1 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \times \text{год})$ , перепад температур  $\Delta t = 8,8^\circ\text{C}$ , температурі повітря за сухим термометром  $v = 24^\circ\text{C}$ , відносній вологості повітря  $\varphi = 60\%$ , швидкість вітру  $\omega = 1,5 \text{ м/с}$  [3,8].

За графіком (додаток 6) при  $H = 5,5 \text{ м}$  та  $q = 1 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \times \text{год})$  знаходять  $K_q = 8,86$ , за графіком Б при  $\omega = 1,5 \text{ м/с}$  знаходять  $K_w = 0,36$ . Розраховують загальний коефіцієнт:

$$K = K_q \times K_w \times \Delta t = 8,86 \times 0,36 \times 8,8 = 28,1. \quad (100)$$

За графіком В (Додаток 7) для  $v = 24^\circ\text{C}$ ,  $\varphi = 60\%$ ,  $K = 28,1$  знаходимо  $t_{cp} = 36^\circ\text{C}$ . Температура охолодженої води:

$$t = t_{cp} - 0,5 \Delta t = 36 - 0,5 \times 8,8 = 31,6^\circ\text{C}. \quad (101)$$



**Рис.13. Схема бризкального басейну**

- 1 – сталеві опірні конструкції; 2 – розподільчий трубопровід;  
3 – сопла; 4 – роликові опори; 5 – нормальний рівень води

#### **6.4.6. Охолодження води з використанням різних типів градирень.**

##### **Баштові градирні**

При використанні баштових градирень (рис. 14) для охолодження води розрахунок ведуть наступним чином:

1- визначають температуру охолодженої води в баштовій плівковій градирні при щільності зрошення  $q = 6,5 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \text{ год})$ ,

перепаді температур  $\Delta t = 8$  град, температурі повітря  $T = 21$  град, відносній вологості повітря  $\varphi = 58\%$ .

2-за графіком, (додаток 9, б) для  $q = 6,5 \text{ м}^3 / (\text{м}^2 \times \text{год})$  знаходимо  $t_1 = 30,2$  град., а за графіком, (додаток 9 г), визначаємо поправку до значень температури і вологості повітря для  $T = 21$  град та  $\varphi = 58\%$ ,  $t_n = 2,1$  град.

3-температура охолодженої води  $t = t_1 - t_n = 30,2 - 2,1 = 28,1$  град.

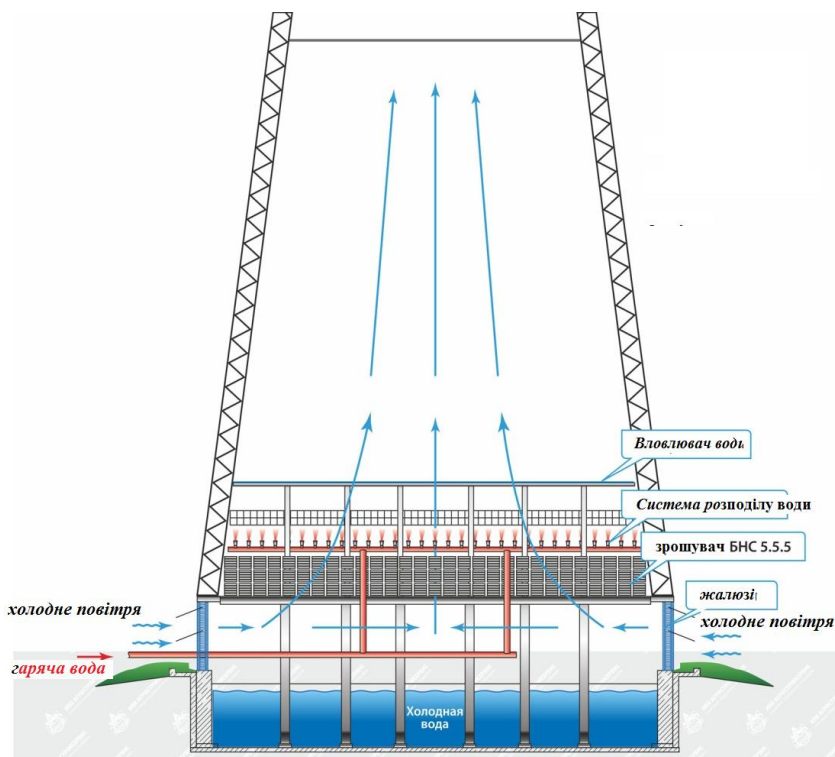


Рис. 14. Схема баштової градирні

### **Вентиляторні градирні**

Для вентиляторних градирень (рис.15) необхідно:

1 - визначають температуру охолодженої води у вентиляторній градирні з плівковим зрошувачем при щільності

зрошення  $q = 9 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \times \text{год})$  з температурою води, яка поступає на градирню,  $t_2 = 40^\circ\text{град}$  (приймають до відповідного району) ;

2 - за графіком (додаток 10, б) для  $q = 9 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \times \text{год})$  та  $t_2 = 40^\circ\text{град}$  знаходимо температуру охолодженої води  $t_1 = 25,2^\circ\text{град}$ .

3 - визначають продуктивність вентиляторної градирні з крапельним зрошувачем, яка має три секції  $n=3$ , площа кожної  $F=72 \text{ м}^2$ . Приблизно при охолодженні оборотної води з  $t_2=50^\circ\text{град}$  до  $t_1=30^\circ\text{град}$  [ 34 ]..

4 - за графіком (додаток 10а) для  $t_2=50^\circ\text{град}$  та  $t_1=30^\circ\text{град}$  знаходимо щільність зрошення  $q=5,5 \text{ (м}^2/\text{год)}$ . Продуктивність градирні  $Q=q n F$ ,  $\text{м}^3/\text{год}$ .

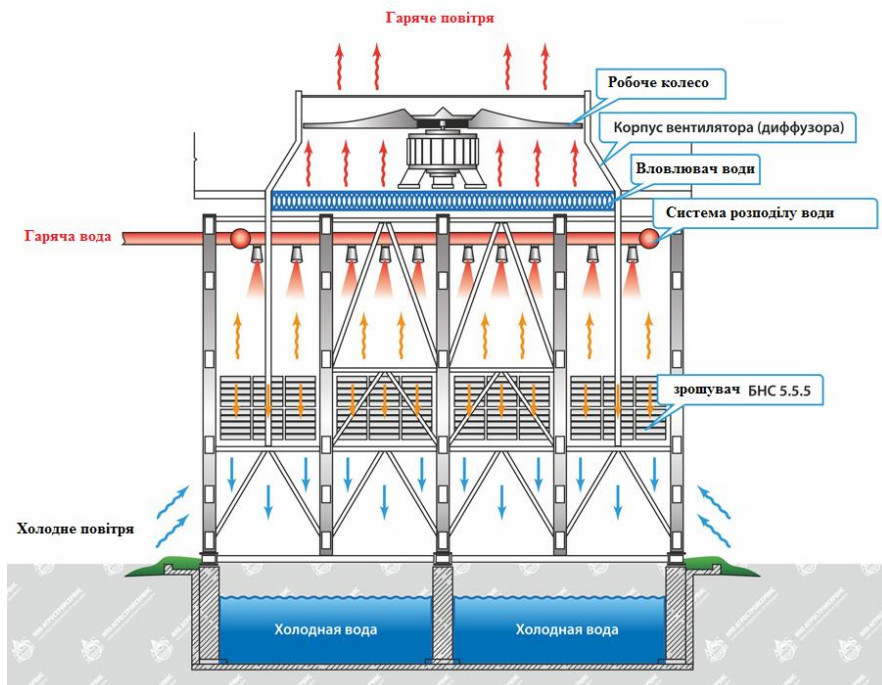


Рис. 15. Схема вентиляторної градирні

#### 6.4.7. Охолодження у водосховищах

При використанні водосховищ визначають кількість охолоджуваної води  $W$ , м<sup>3</sup>/год, площу активної зони водосховища  $F$ , м<sup>2</sup>, розрахункова температура води в водосховищі  $t_e = 25^0\text{C}$ , швидкість вітру над водосховищем на висоті 2м приймають  $\omega_{200} = 1\text{м/с}$ , приймають можливий перепад температур між нагрітою та охолодженою водами  $\Delta t = 8\text{град}$ , визначають температуру охолодженої води.

Питома площа активної зони:

$$F_{num} = F / (24 \times W) \text{ (м}^3 \text{ доб)}, \quad (102)$$

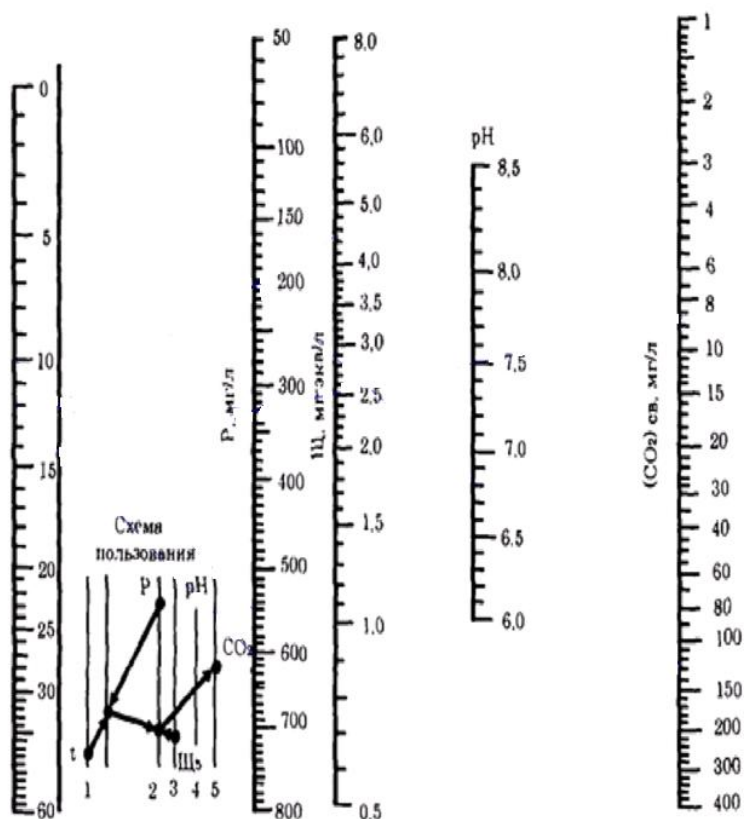
За номограмою (додаток 7) від питомої площі активної зони 1,7 піднімаємось до кривої  $t_e = 25^0\text{C}$ , після перетинання з нею проводимо лінію до перетинання із швидкістю вітру  $\omega_{200} = 0\text{м/с}$ , опускаємо лінію до  $\omega_{200} = 1\text{м/с}$ , від неї ведемо лінію до перетинання з перепадом температур  $\Delta t = 8\text{град}$  і опускаємо лінію низ і визначаємо перегрів води  $\delta = 3,7\text{град}$ .

Температура охолодженої води:  $t_l = t_e + \delta = 8 + 3,7 = 28,7\text{град}$ , гаряча вода має температуру:  $t_e = t_l + \Delta t = 28,7 + 8 = 36,7\text{град}$ .

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

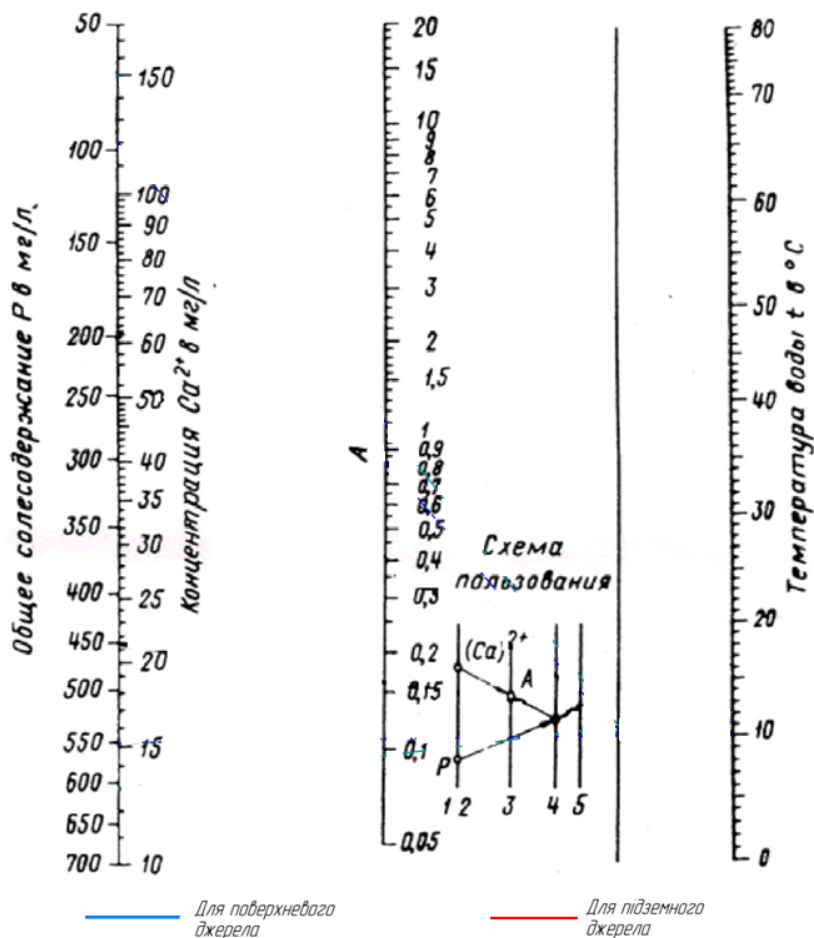
1. Басс Г. М. Водоснабжение. Техничко-экономические расчеты. Киев, “Вища школа”
2. ДБН В.2.5-74: Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування.
3. Клячко Р. А. Апельцын Н. Э. Очистка природных вод М., Стройиздат, 1971.
4. Кожин В. Ф. Очистка питьевой и технической воды. Примеры и расчеты., Учеб. пособие для вузов. 4-е изд., репринтное. М. : БАСТЕТ, 2008. 304 с.
5. Москвитин А. С. и др. Справочник по специальным работам. Трубы, арматура и оборудование водопроводно-

- канализационных сооружений. 2-е издание. М., 1970. 528 с.
6. ДСТУ Б А.2.4-1:2009 Умовні зображення і позначки трубопроводів та їх елементів. Мінрегіонбуд України, Київ, 2009.
  7. Орлов В. О., Литвиненко Л. Л., Орлова А. М. Водопостачання промислових підприємств : навчальний посібник. К. : Знання, 2014. 278 с.
  8. Орлов В. О., Мартинов С. Ю., Зошук А. М. Проектування станцій прояснення та знебарвлення води : навчальний посібник. Рівне : НУВГП, 2007. 252 с.
  9. Орлов В. О., Зошук А. М. Водопідготовка : навчальний посібник. Рівне : НУВГП, 2004. 215 с.
  10. Тугай А. М., Орлов В. О. Водопостачання : підручник. К. : Знання, 2009. 735 с.
  11. Укрупненные нормы для водопотребления и водоотведения для разных отраслей промышленности. М., 1982.
  12. Шевелев Ф.А., Шевелев А.Ф. Таблицы для гидравлического расчета водопроводных труб : справочное пособие. М., Стройиздат, 1984.

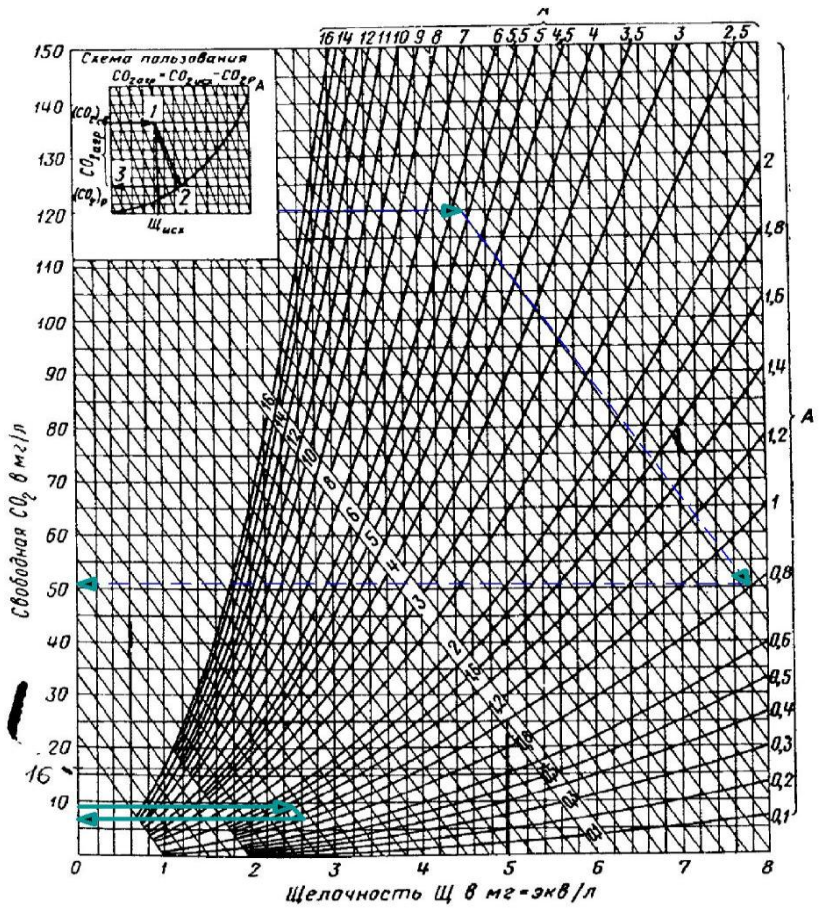


**Номограма для визначення вмісту в воді вільної вуглекислоти**

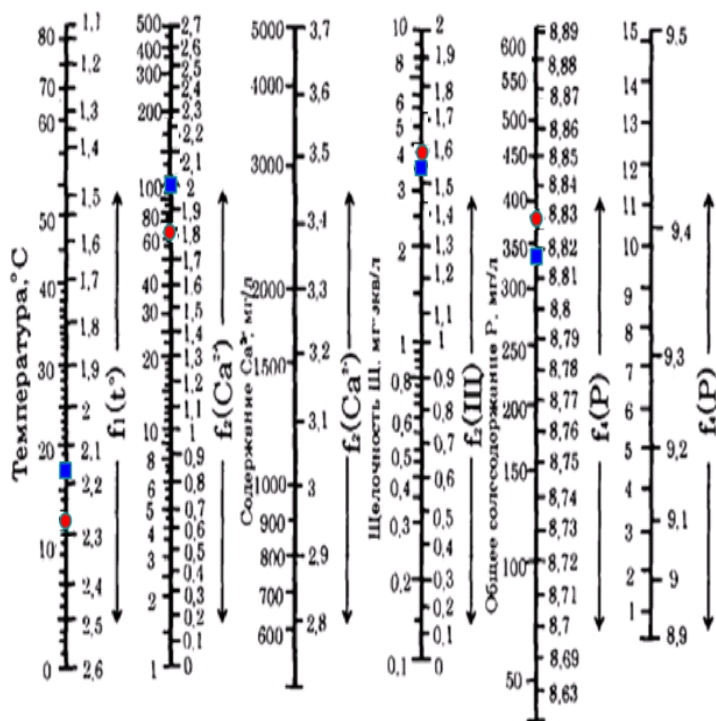




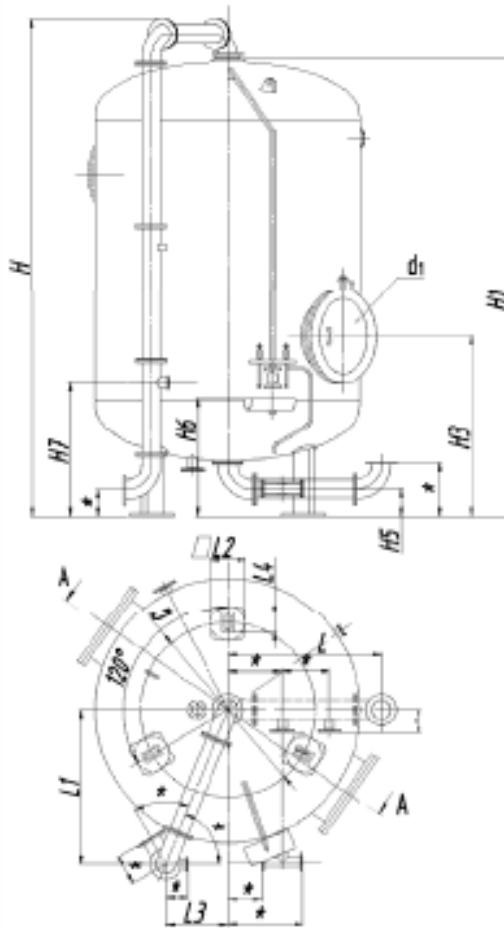
Номограма для визначення величини параметра А



**Номограма для визначення концентрації рівноважної вуглекислоти у воді**



Графік для визначення рНs



### Іонітний фільтр прямоточний першого ступеня

**Матеріали:** корпус фільтра - вуглецева сталь, на внутрішню поверхню якої нанесено антикорозійне покриття.

**Обв'язка фільтра** - трубопроводи з поліпропілену або з вуглецевої сталі. Верхнє розподільний пристрій - з нержавіючої сталі.

Нижня дренажно-розподільний пристрій - з нержавіючої сталі.

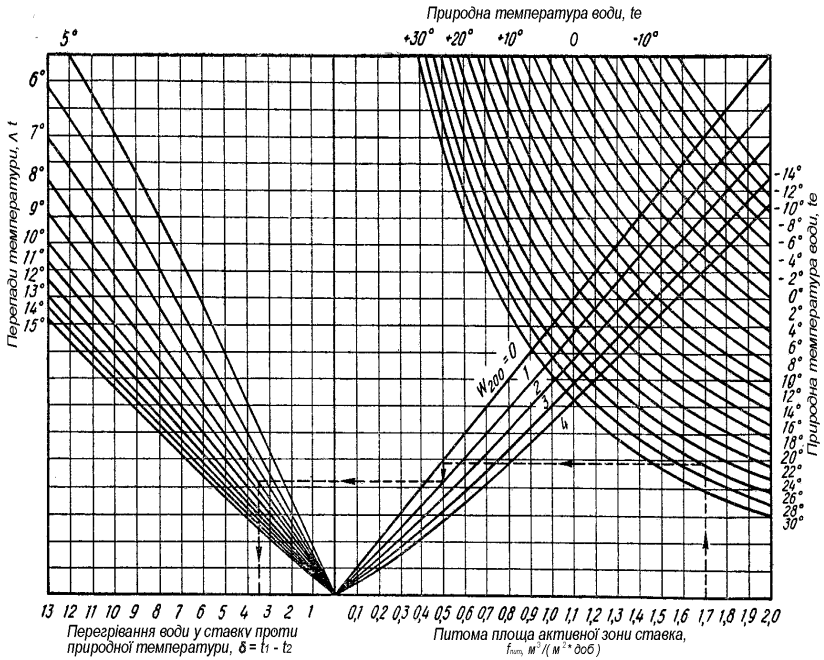
## Технічна характеристика іонітних фільтрів

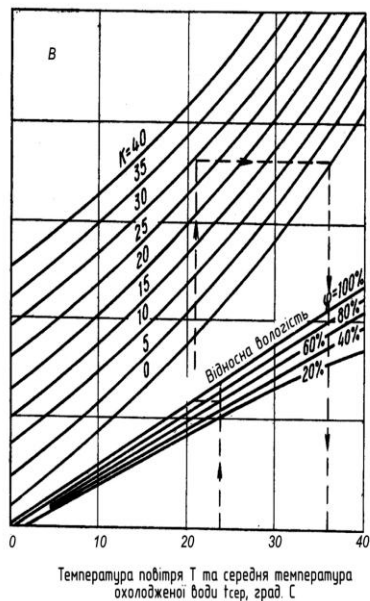
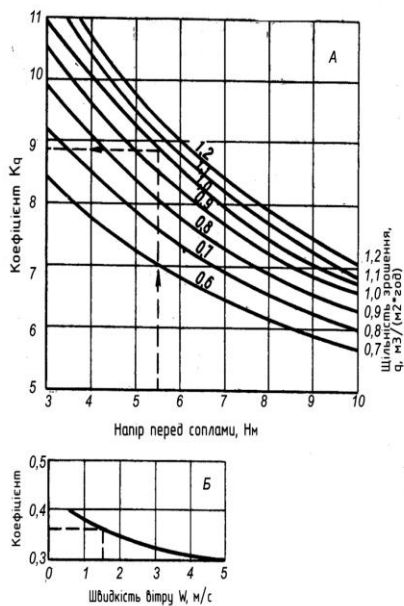
	І ступінь						ІІ ступінь					
Діаметр, и	0,7	1,0	1,4	2,0	2,6	3,0	0,7	1,0	1,4	2,0	2,6	3,0
Площа фільтрування, м <sup>2</sup>	0,385	0,785	1,54	3,14	5,3	7,1	0,385	0,785	1,54	3,14	5,3	7,1
Тиск, МПА	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Продуктивність, м <sup>3</sup> /год	10-15	25-30	45-55	80-100	130-145	180-200	25-30	40-50	90-100	150-170	250-270	350-370
Висотам шару катіоніту, м	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5

## Таблиця розмірів іонітових фільтрів

Тип/розмер, мм	H	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	H <sub>3</sub>	H <sub>4</sub>	H <sub>5</sub>	H <sub>6</sub>	D	d	d <sub>1</sub>	L	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>	L <sub>4</sub>
ИФП 0,7-0,6	3700	3500	2900	1000	600	450	1350	580	350x450		460	450	160	240	100
ИФП 1,0-0,6	3900	3600	3000	1400	600	450	1350	720	350x450		640	470	160	470	100
ИФП 1,4-0,6	4100	3800	-	1500	600	350	1350	950	-	450	900	860	200	605	100
ИФП 2,0-0,6	4700	4300	3100	1800	600	350	1350	1400	800	800	1170	880	290	880	150
ИФП 2,6-0,6	5000	4600	3300	1960	600	380	1350	1600	800	800	1480	1400	370	810	200
ИФП 3,0-0,6	5200	4800	3400	2000	600	380	1350	2000	800	800	1680	1740	420	700	300
ИФП 3,4-0,6	5400	5000	3450	2100	600	300	1350	2200	800	800	1900	1900	490	1100	300
ИФП 1,0-0,6	3300	3000	-	-	600	450	1350	720	-	-	700	240	160	650	100
ИФП 1,4-0,6	3500	3100	-	1500	600	380	1350	950	-	450	980	860	200	600	100
ИФП 2,0-0,6	3500	3100	1900	1800	600	340	1350	1400	800	800	1170	880	290	880	150
ИФП 2,6-0,6	3900	3400	2100	1900	600	300	1350	1600	800	800	1500	1400	370	810	200
ИФП 3,0-0,6	4100	3500	2100	2000	600	200	1350	2000	800	800	1730	1700	420	480	300

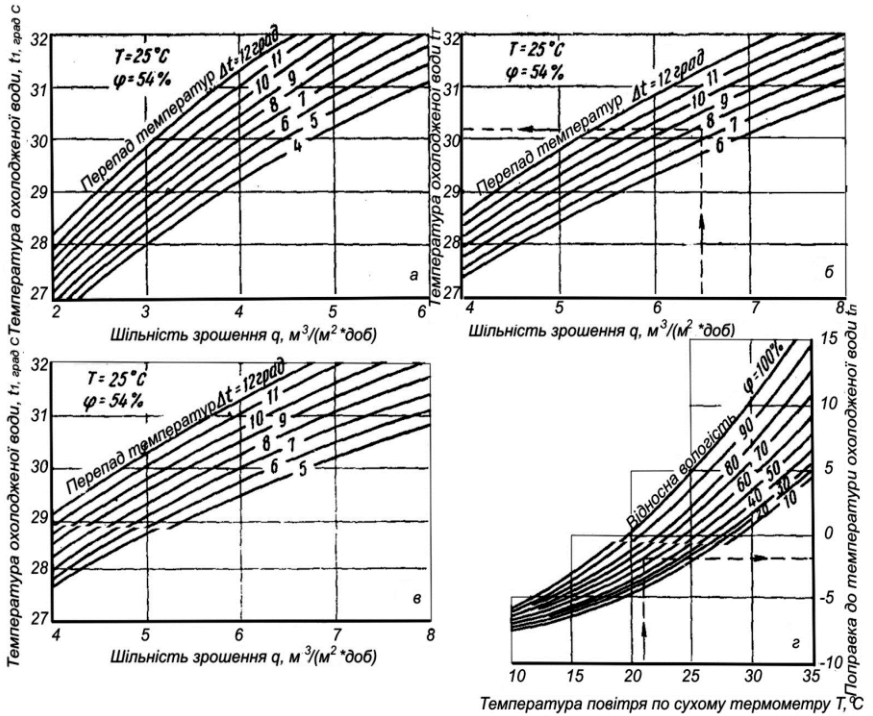
# Номограма для розрахунку водосховищ-охолоджувачів





## Номограми для теплового розрахунку бризкальний басейнів

## Додаток 9

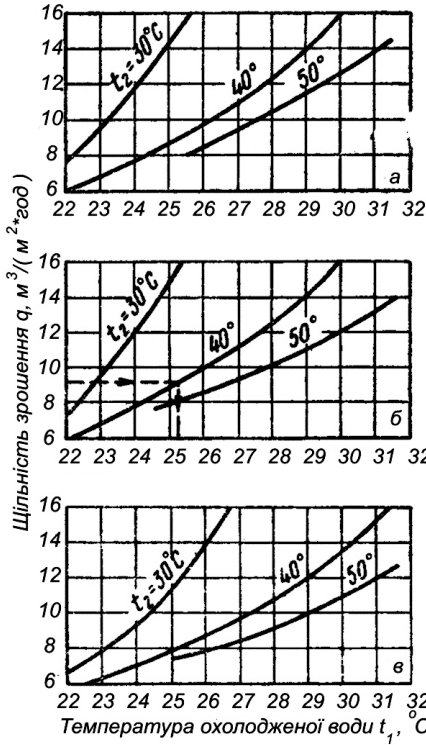


### Номограми для розрахунку баштових градиєнь:

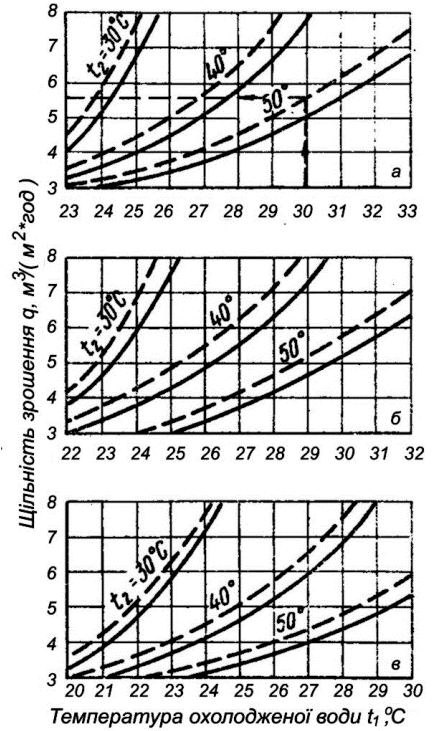
- а - з крапельним зрошувачем; б- з плівковим зрошувачем; в - з крапельно- плівковим зрошувачем; д- допоміжний графік



# Додаток10



Графіки для розрахунку  
вентиляторних градиєнь  
з плівковим зрошувачем  
а - Луганськ



Графіки для розрахунку  
вентиляторних градиєнь  
з крапельним зрошувачем -----  
з бризкальним зрошувачем  
а - Луганськ